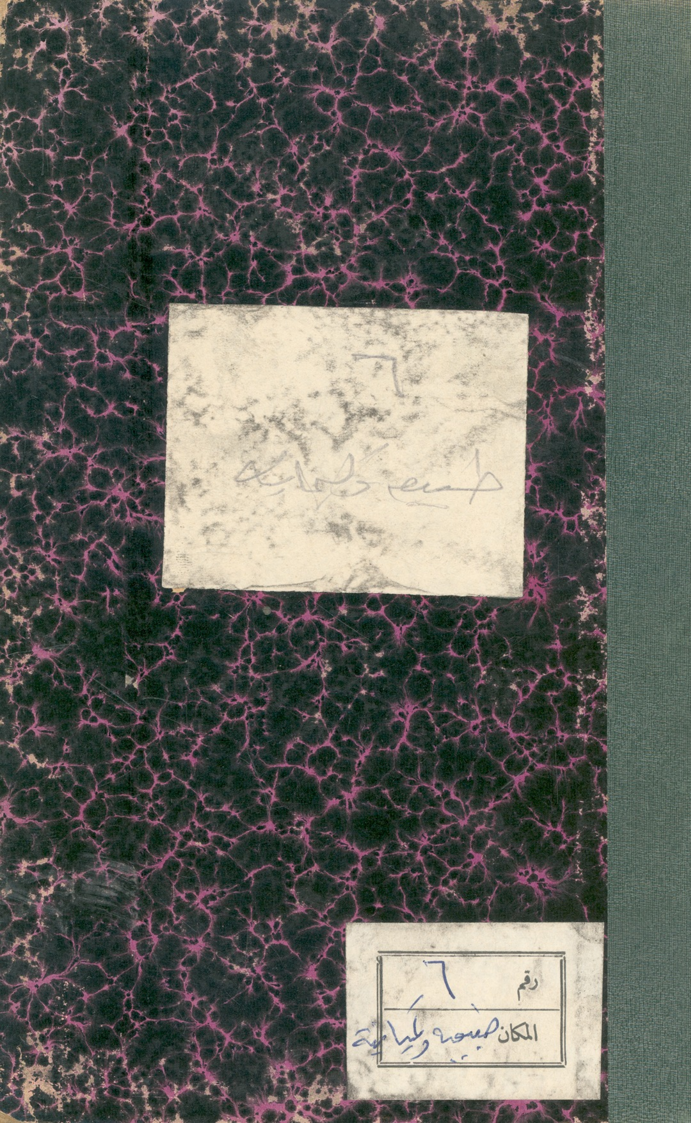

٦
رقم ٦
المكان

الجـــزء الثـــانى

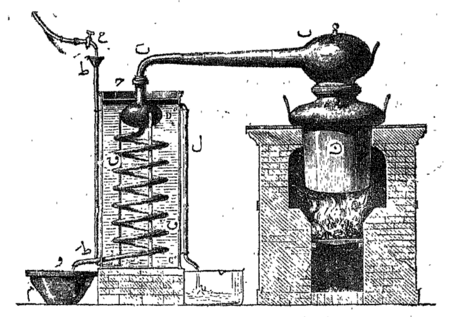
من كتاب الطبيعة المشتمل على الحـــرارة

(وهو يحتوى على ٥٥ شكلا)

تأليف

حضرة اسماعيل أفندى حسنين

مدرس الكيميا والطبيعة بمدرسة المهندسخانة الخديوية



قررت نظارة المعارف العمومية لزوم طبع هذا الجزء وتدريسه بالمدارس الاميرية بعد أن تصدق عليه من اللجنة المشكلة فى النظارة بافادة تاريخها ٢٤ ينايرسنة ٩٢ نمرة ٩

(الطبعة الثانية)

الكبرى الاميرية ببولاق مصر المحمية

سنة ١٨٩٥

افرنجيه

فهرست

الجـــــزء الثـانى

من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة

(فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحـــرارة)

صحيفة

(الكلام على الحرارة)

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صحيفة

صحيفة

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صحيفة

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صحيفة

تابع (فهرست الجزء الثانى من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة)

صحيفة

(تمت الفهرست)

الجزء الثانى

من كتاب الطبيعة المشتمل على الحرارة

(وهو يحتوى على ٥٥ شكلا)

تأليف

حضرة اسماعيل أفندى حسنين

مدرس الكيميا والطبيعة بمدرسة المهندسخانة الخديوية

قررت نظارة المعارف العمومية لزوم طبع هذا الجزء وتدريسه بالمدارس الاميرية بعد أن تصدق عليه من اللجنة المشكلة فى النظارة بافادة تاريخها ٢٤ ينايرسنة ٩٢ نمرة ٩

(الطبعة الثانية)

بالمطبعة الكبرى الاميرية ببولاق مصر المحمية

سنة ١٨٩٥

افرنجيه



بسم الله الرحمن الرحيم

الكلام على الحرارة

الباب الاول

(فى تغير امتدادات الاجسام بالحرارة)

الفصل الاول

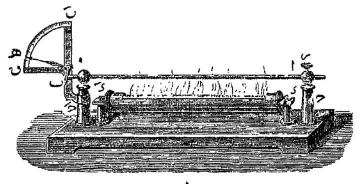
(فى التمدد على العموم والترمومترات)

(فى تمدد الاجسام بالحرارة)

الاجسام على العموم تتمدد أى يزيد حجمها بالتسخين وتنكمش أى يقل حجمها بالتبريد ويثبت ذلك بالتجارب الآتية

تمدد الاجسام الصلبة — القضبان المصنوعة من الاجسام الصلبة تزداد طولا بالتسخين وتقل طولا بالتبريد ويثبت ذلك باستعمال البيرومتر ذى الرافعة المبين فى (شكل ١) وهو يتركب من ساق معدنى أ ب ينفذ من فتحتين مصنوعتين فى قائمين معدنيين ح و ح َ وهذا الساق مثبت فى القائم ح بواسطة مسمار برمة ر ويمر خالصا فى الفتحة الموجودة فى القائم ح َ ثم يتكئ فى نقطة ب على أحد ذراعى رافعة هـ و ب متحركة حول نقطة و وطرف ذراعها الثانى الذى يزيد فى الطول عن الاول يتحرك عند دورانها أمام قوس مدرج ى ى َ

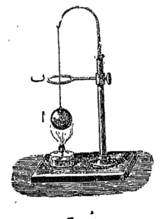
فاذا سخن الساق أ ب بالهاب الكؤل الموجود فى المستودع ى ى َ المثبت تحتـه يشاهد أن طرف ذراع الرافعـة الطويل و هـ يرتفع أمام القوس ن ن َ وهذا يثبت أن الساق تمدد وطرد أمامه ذراع الرافعة القصير و ب



ش ١

والغرض من استعمال الرافعة هـ و ب هو جعل تمدد الساق أ ب سهل المشاهدة وفى الواقع فانه لو فرض أن الذراع و هـ يساوى عشرة أمثال الذراع و ب فيكون القوس الذى ترسمه نقطة هـ مساويا عشرة أمثال الذى ترسمه نقطة ب أى عشرة أمثال التمـدد واذا برد القضيب بالثانى يشاهد أن ذراع الرافعة و هـ يعود الى وضعه الاصلى

واذا أريد اثبات زيادة حجم الاجسام الصلبة عندما تزداد حرارتها تعمل تجربة حلقة (جرافزاند) ولاجل ذلك يؤخذ جهاز مكوّن كما فى (شكل ٢) من كرة من النحاس أ يمكن تمريرها بسهولة من حلقة من النحاس ب تساويها فى القطر فاذا سخنت هذه الكرة بمصباح كؤل يرى أنه لا يمكن تمريرها من الحلقـة واذا بردت يرى أنها تمر منها بالثانى واذا سخنت الكرة والحلقة فى آن واحد يشاهد أن قطر الكرة يبقى على الدوام مساويا قطر الحلقة وهذا يثبت أن التجاويف التى توجد فى أى جسم صلب تزداد بتأثير الحرارة عليه كازدياد كتـل من المادة المصـنوع منها ذلك الجسم أحجامها مساوية بالضبط لاحجام هذه التجاويف فمثلا اذا سخن إناء من الزجاج فان سـعته تزداد بمقدار مساو للذى تزداده كتـلة من الزجاج مسـاوية لحجم هذه السعة



ش ٢

تمدد الاجسام السائلة — لاجل اثبات تمدد هذه الاجسام يوضـع سائل ملوّن داخل كرة من زجاج يعلوها ساق رفيع (شكل ٣) ثم يعلم سطح السائل فى هذا الساق بواسطة قطعة من الورق

تلصق بحذائه فاذا غمرت الكرة بعد ذلك فى ماء سخن يرى بعد برهة أن سطح السائل يرتفع فى الساق زيادة عن وضعه الاصلى وبتتبع حركات السائل فى الامتداد من أول وضعه فى الماء الساخن الى انتهاء العمل يرى أنه عند غمر الكرة فى الماء المذكور يأخذ سطح السائل الموجود فى الانبوبة فى الانخفاض من ا الى ب ثم يرتفع بالثانى و يصل الى ارتفاعه الاصلى ثم يزيد عنه بسرعة الى أن يصل الى ح وذلك لانه عند غمر الكرة فى الماء الساخن تسخن قبل السائل الموجود فيها وبذلك يتسع حجمها فينخفض حينئذ سطح السائل فى الساق وبما أن الحرارة بعد تسخين مادة الكرة تنتقل فى السائل شيأ فشيأ فيتمدد حينئذ ويرتفع سطحه الى أن يأخذ وضعه الاصلى ثم يأخذ فى الارتفاع زيادة عن ذلك وهذا يثبت أن السوائل تتمدد أكثر من الاجسام الصلبة

ش ٣

تمدد الغازات — لاجل اثبات تمدد الاجسام الغازية تؤخذ كرة من الزجاج ب (شكل ٤) مملوءة بالهواء ومتصل بها ساق أفقى يحتوى على مقدار صغير من سائل ملون م يفصل بين الغاز الموجود فى الكرة والجزء التالى لها من الساق وبين الهواء الخارجى فاذا سخنت الكرة تسخينا ضعيفا بتقريب اليد منها يرى أن الغاز الموجود فيها يتمدد تمددا محسوسا و يطرد السائل م جهة طرف الانبوبة المفتوح

ش ٤

وفى التجربة السابقة تبقى القوة المرنة للغاز الموجود فى الكرة ثابتة ومساوية للضغط الجوى فاذا فرض وجود عائق يمنع الغاز من التمدد فان تأثير الحرارة عليه يزيد قوته المرنة ويثبت ذلك باستعمال جهاز مكون من كرة من الزجاج ب مملوءة بالهواء ومثبت فيها كما هو مبين فى (شكل ٥) أنبوبة من الزجاج منحنية على نفسها مرتين ومحتوية على كمية من سائل ملون يرتفع فيها الى منتصف الانتفاخ ا فاذا وضعت اليد على الكرة ب يرى أن السائل يرتفع فى الفرع المفتوح و ينخفض فى الانتفاخ ا انخفاضا غير محسوس بسبب اتساع سطحه فى ذلك الانتفاخ

وزيادة قوة مرونة الغاز الموجود داخل الكرة ب يقاس بالارتفاع الذى يزيد به السائل فى الفرع المفتوح عنه فى الفرع الآخر

ش ٥

(فى تعريف الترمومترات)

اذا وضع جسمان بحالة التلامس وكان أحدهما أحر من الآخر سرى جزء من حرارة الاول الى الثانى وبهذا نرى الاول أخذ فى الانكماش والآخر فى الامتداد ومن ذلك يرى أنه يمكن مقارنة حرارة الاجسام بمقارنة التغيرات التى تحصل فى أحجامها عندما توضع على حالة التلامس أعنى أنه اذا لامس جسم جسما آخر وصغر حجم أحدهما وكبر حجم الآخر فيكون ذلك دليلا على أن درجة حرارة الجسم الذى صغر كانت أعظم من درجة حرارة الجسم الذى كبر أما اذا بقى حجم كل من الجسمين ثابتا فذلك يدل على أن درجة حرارتهما واحدة وبما أنه لا يمكن وضع جميع الاجسام على حالة التلامس فلاجل مقارنة درجات حرارتها ببعضها يؤخذ جسم مخصوص ويوضع على التوالى ملامسا لكل منها فمن تغير حجم ذلك الجسم يمكن مقارنة درجات حرارة هذه الاجسام والجسم المستعمل لهذا الغرض يسمى ترمومترا فينتج من ذلك حينئذ أن الترمومترات هى آلات بتغير أو ثبات أحجامها تدل على تغير أو ثبات درجة الحرارة

تنبيه - يجب أن يكون حجم الترمومترات صغيرا كى لا تغير درجة حرارة الاجسام التى توضع ملامسة لها تغيرا محسوسا

(فى الوحدة المستعملة لقياس درجة الحرارة)

لاجل قياس أى شئ يجب فى بادئ الامر أن تتخذ وحدة يقاس عليها ونقطة مبدأ لذلك القياس فمثلا لحساب الزمن انتخبت وحدة وهى السنة ومبدأ وهو هجرة سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم بالنسبة للسنين العربية وميلاد سيدنا عيسى عليه السلام بالنسبة للسنين الافرنكية فتعد حينئذ السنين من قبل هذا المبدأ ومن بعده ويجب أن تكون الوحدة المذكورة ثابتة وتفصل ظاهرتين يمكن مشاهدتهما بسهولة أما نقطة المبدأ فهى اختيارية

فيجب حينئذ اعتبار وحدة لدرجة الحرارة الفرق بين درجتين ثابتتين تتولدان عند حصول ظاهرتين سهلتى المشاهدة والاحداث وقد شوهد أنه لو غمر جسم فى الجليد أثناء سيحانه يمكث حجمه ثابتا مدة السيحان وهذا يدل على ثبات درجة حرارة الجليد عند سيحانه وقد شوهد أيضا أنه لو غمر جسم فى البخار المتصاعد من الماء وقت غليانه تحت ضغط = ٧٦ و٠ م يمكث حجمه ثابتا أيضا وذلك يدل على ثبات درجة حرارة هذا البخار فانتخبت وحدة لدرجة الحرارة هى الفرق بين درجة حرارة الجليد عند سيحانه ودرجة حرارة البخار الذى يتصاعد من الماء وقت غليانه تحت ضغط = ٧٦ و٠ م وقد قسمت تلك الوحدة الى مائة قسم متساوية وسميت كل منها درجة وفرض حينئذ أن درجة حرارة سيحان الجليد مبدأ ويعبر عنها بالصفر ودرجة حرارة غليان الماء يعبر عنها بالمائة

(في الترمومترات ذات السوائل)

الترمومترات الاكثر استعمالا مكونة كما هو مبين في (شكل ٦) من مستودع من الزجاج شكله كروي أو اسطواني يعلوه أنبوبة شعرية تسمى ساق الترمومتر ويوجد في هذا المستودع والجزء السفلي من الساق زئبق أو كؤل فبناء على ما تقدم يرى أن السائل الموجود في هذه الآلة يرتفع في الساق بارتفاع درجة الحرارة وينخفض فيه بانخفاضها

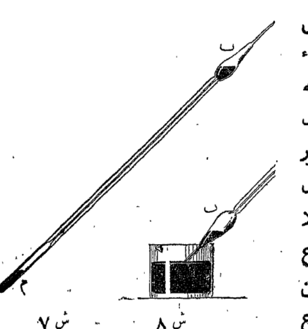
وسنذكر فيما سيأتي الطرق المستعملة لصناعة الترمومترات وتدريجها

١٠٠

ش ٦

(في صناعة الترمومتر الزئبقي)

ان الشغالين الذين يصنعون الزجاج يحضرون أغلفة معدة لعمل الترمومترات الزئبقية ويجب أن يكون الجزء الشعري من هذه الاغلفة اسطوانيا على قدر الامكان حتى اذا قسم الى أجزاء متساوية الطول تكون الاحجام المقابلة لهذه الاجزاء متساوية والاغلفة المذكورة مكونة كما هو مبين في (شكل ٧) من أنبوبة شعرية منفوخ في أحد طرفيها مستودع م وملحوم في طرفها الآخر كرة صغيرة من الزجاج ب لها طرف مدبب كما هو مبين في الشكل ولاجل ملء هذه الاغلفة بالزئبق يبتدأ بتسخين المستودع م والكرة ب تسخينا لطيفا لتمديد الهواء الداخلي وطرد جزء منه في الخارج ثم يغمر طرف الكرة المدبب في مستودع محتو على زئبق (شكل ٨) فبانكماش الهواء الداخلي بالبرودة التي تحصل فيه يدخل مقدار من الزئبق في الكرة ب وعندما يحكم أن المقدار المذكور كاف لملء المستودع والساق تعدل الآلة فعند ذلك يدخل الزئبق قليلا في الساق الا أنه لا يصل الى المستودع بسبب كون الهواء الداخلي يمنعه من الوصول اليه فيسخن حينئذ المستودع



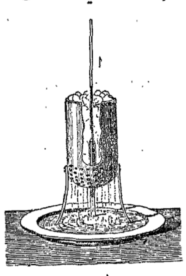
ش ٧ ش ٨

بعد امالة الانبوبة قليلا كى يتمدد الهواء الداخلى ويطرد جميع الزئبق فى الكرة ويخرج جزء منه فى الجو فاذا ترك حينئذ المستودع ليبرد بعد جعل الانبوبة فى وضع رأسى ينكمش الهواء الداخلى ويدخل مقدار من الزئبق فى المستودع فيسخن عند ذلك المستودع بالثانى الى أن يغلى الزئبق الذى فيه فتطرد أبخرته المتصاعدة جميع الهواء والرطوبة الباقية فى المستودع والساق وبالتبريد تتكاثف أبخرة الزئبق وينزل زئبق الكرة فى المستودع ويملأه هو والساق ملأ تاما ويجب عند غلى الزئبق الموجود فى المستودع تسخين الزئبق الموجود فى الكرة لانه اذا نزل باردا فى المستودع الساخن لكسره وبعد اجراء ذلك يترك الجهاز الى أن يبرد ثم تفصل الكرة ب منه ويوضع فى وسط درجة حرارته تزيد قليلا عن النهاية العظمى لدرجات الحرارة المراد تعيينها بواسطته كى يسيل الزئبق الزائد منه ثم تسد فتحته بمصباح

(فى تدريج الترمومتر المئينى)

حيث عرفت ملء الترمومتر بالطريقة السابقة فما بقى عليك الا معرفة تدريجه ولذلك تعين أولا النقطتان المقابلتان لدرجة الصفر ولدرجة المائة

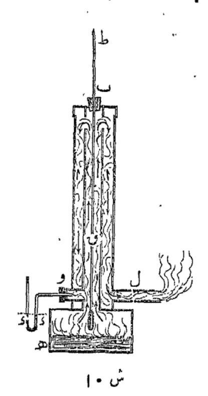
فلاجل تعيين النقطة المقابلة لدرجة الصفر يملأ بالجليد الذى ابتدأ فى السيحان إناء فى قاعه فتحات يسيل منها ما يسيح من الثلج ثم يغمر فى هذا الاناء مستودع الترمومتر وجزء من ساقه بحيث يكون كل عمود الزئبق محاطا بالثلج كما هو مبين فى (شكل ٩) فاذا أخرج مرة بعد أخرى جزء من الساق ونظر الى سطح الزئبق فيه شوهد أنه ينخفض شيأ فشيأ ويأتى وقت يكون فيه ثابتا فتعلم النقطة التى يقف بحذائها وتكون هى المقابلة لدرجة الصفر ولاجل تعيين النقطة المقابلة لدرجة مائة أى المقابلة لدرجة حرارة بخار الماء وقت غليانه يستعمل عادة الجهاز المرسوم قطاعه



ش ٩

فى (شكل ١٠) فالبخار يتولد بتسخين الماء الموجود فى الاناء هـ ويرتفع فى الانبوبة المركزية ن ثم ينخفض فى المسافة اا التى تحيط بهذه الانبوبة وأخيرا يخرج فى الجو من الانبوبة المفتوحة ل ويثبت الترمومتر قبل تسخين الماء فى الانبوبة ن بواسطة سدادة من الفللين ب بحيث يكون مستودعه قريبا جدا من سطح السائل بدون أن يلامسه فيرى من الشكل

أن البخار الذى يكون فى اا يحفظ البخار المحيط بالترمومتر من البرودة الخارجية وزيادة على ماسبق يوجد مانومتر ى ى مثبت على الانبوبة و ليتحقق بواسطته أن ضغط البخار فى هذه الانبوبة مساو للضغط الجوى ويلزم أن يكون العمود الزئبقى مغمورا بتمامه فى بخار الماء انما يخرج جزء منه بعد كل لحظة لمشاهدة سطحه وعندما يرى أن هذا السطح صار ثابتا تعلم بحذائه نقطة تكون هى المقابلة لدرجة مائة اذا كان الضغط الجوى لا يختلف عن ٧٦٠ ملليمترا الا قليلا



ش ١٠

والتدريج الترمومترى تقسم المسافة التى بين النقطتين الثابتتين الى مائة قسم متساوية يعلم بحذائها على التوالى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ... الخ ويستمر فى التدريج عند الارادة فوق درجة مائة وتحت درجة الصفر ويعلم بحذاء التقاسيم التى بعد مائة بالاعداد ١٠١ و ١٠٢ و ١٠٣ و ... الخ والتى تحت الصفر بالارقام ١ و ٢ و ٣ و ... الخ وهذه الاعداد الاخيرة تكون دالة على درجات الحرارة الاقل من درجة حرارة الثلج الآخذ فى السيحان ولاجل تمييز درجات الحرارة التى فوق الصفر من درجات الحرارة التى تحته تسبق الاولى بعلامة + والثانية بعلامة — فمثلا — ١٥° تدل على درجة حرارة أقل من الدرجة التى يسيح فيها الثلج بخمس عشرة درجة و + ١٥° تدل على درجة حرارة تزيد عن الدرجة التى يسيح فيها الثلج بخمس عشرة درجة

(فى تغيير موضع النقطتين الثابتتين)

اذا أخذ ترمومتر مصنوع من مدة واعيدت عليه التجربتان اللتان عين بواسطتهما النقطتان الثابتتان يرى أن الزئبق يقف أعلى هاتين النقطتين بدرجة أو اثنتين وهذه النتيجة ناشئة من نقص يحصل فى حجم مستودع الترمومتر وفى الواقع فانه عند نفخ هذا المستودع يصير تسخينه الى درجة السيحان ثم تبريده فعند حصول هذا التبريد يتولد فيه نوع سقى يصير حجمه أعظم من الحجم الذى يميل أن يكون عليه فى الدرجة المعتادة وبذلك يرى أن كل ارتفاع فى درجة حرارة هذا المستودع متبوع بانخفاض فيها يميل أن يرد جزئياته الى حالتها الاصلية أى يولد نقصا

فى حجمه وعما أن ساق الترمومتر لم يحصل فيه سق عند صناعة هذه الآلة فلا يشاهد فيه هذا التغير أى أن البعد بين النقطتين الثابتتين يبقى على الدوام واحدا

(فى ترمومـــــتر ريومور)

هذا الترمومتر الذى كان مستعملا قديما بكثرة والمستعمل الآن فى بلاد السويسره وجزء من المانيا يختلف عن الترمومتر المئينى الذى سبق الكلام عليه بان النقطة التى يرتفع لحدها الزئبق عند ما تغمر الآلة فى بخار الماء الآخذ فى الغليان يعلم فيها ثمانين لا مائة وتقسم المسافة المحصورة بين الصفر وتلك النقطة الى ثمانين قسما متساوية ويمكن بغاية من السهولة ايجاد عدد الدرجات المئينية الدالة على درجة حرارة وسط اذا علمت درجة حرارة ذلك الوسط باستعمال ترمومتر (ريومور) وبالعكس لان كل ٨٠° من ترمومتر (ريومور) تعادل مائة درجة مئينية وبذلك تكون الدرجة الواحدة من الترمومتر الاول تعادل $\frac{١٠٠}{٨٠}$ أو $\frac{٥}{٤}$ درجة مئينية ومن ذلك ينتج أنه لاحالة عدد معلوم من درجات (ريومور) الى درجات مئينية يكفى ضرب هذا العدد فى ٥ وقسمة حاصل الضرب على ٤ أما اذا كان المراد تحويل الدرجات المئينية الى درجات (ريومور) فيضرب عدد الدرجات المذكورة فى ٤ ويقسم حاصل الضرب على ٥

(فى ترمومـــــتر فرانهيت)

هذا الترمومتر مستعمل بكثرة فى انكلترة وتوابعها ولاجل عمله يوضع العدد ٣٢ فى النقطة التى يقف الزئبق بحذائها عند ما تغمر الآلة فى الجليد الآخذ فى السيحان و ٢١٢ فى النقطة التى يقف بحذائها عند غمر الآلة فى بخار الماء لدى غليانه وتقسم المسافة المحصورة بين هاتين النقطتين الى ١٨٠ قسما متساوية يعلم بحذائها على التوالى من أسفل الى أعلى بالاعداد ٣٣ و ٣٤ و ... الخ ولا بأس بزيادة التدريج أعلى وأسفل هاتين النقطتين عند الارادة

مما تقدم يرى أن المسافة المحصورة بين درجة سيحان الثلج ودرجة بخار الماء الذى يغلى تحتوى على ١٨٠ درجة من ترمومتر (فرانهيت) وكذا هذه المسافة تحتوى على ١٠٠ درجة مئينية فتكون حينئذ الدرجة الواحدة من ترمومتر (فرانهيت) تساوى $\frac{١٠٠}{١٨٠}$ أو $\frac{٥}{٩}$ درجة مئينية فينتج من ذلك أنه لاحالة عدد معلوم من درجات (فرانهيت) الى درجات مئينية يكفى طرح ٣٢ من العدد المعلوم وضرب باقى الطرح فى ٥ وقسمة الحاصل على ٩ ولاحالة الدرجات المئينية

الى درجات (فرانهيت) يضرب أولا عدد الدرجات المئينية فى ٩ ويقسم حاصل الضرب على ٥ ثم يضاف الى خارج القسمة ٣٢

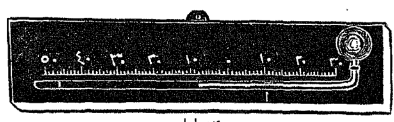
(فى الترمومتر الكؤلى)

بما أن الزئبق يتجمد فى درجة — ٤٠ فلا يمكن استعمال الترمومتر الزئبقى لتعيين درجات الحرارة المنخفضة جدا التى توجد فى النقط المجاورة لقطبى الارض فيعوض عند ذلك هذا الترمومتر بالترمومتر الكؤلى ويستعمل لعمل الترمومتر المذكور الكؤل الملون بالحمرة وملء هذا الترمومتر أبسط بكثير من ملء الترمومتر الزئبقى ولا لزوم عند ذلك لجعل كرة مدببة فى الجزء العلوى من الساق بل يكفى تسخين المستودع تسخينا لطيفا لاخراج كمية من الهواء ثم يغمر طرف الساق المفتوح فى الكؤل الملون فبالبرودة يدخل مقدار من هذا السائل فى الترمومتر فيوضع حينئذ هذا الجهاز وضعا رأسيا ويسخن الكؤل فيه الى أن يغلى فتجذب أبخرته المتصاعدة جميع الهواء الموجود فى المستودع وفى الساق ويكفى حينئذ بعد زمن يسير من الغلى قلب الترمومتر بسرعة وغمر طرفه فى الكؤل فتتكاثف بالبرودة الابخرة التى كانت فيه ويملأ الكؤل الساق والمستودع ولا يخشى هنا من الكسر بما أن درجة الحرارة التى يغلى فيها الكؤل ليست مرتفعة كالتى يغلى فيها الزئبق ومتى ملئ الترمومتر بهذه الصفة يلحم بعد أن يترك فيه قليل من الهواء ويعين الصفر هنا كما عين فى الترمومتر الزئبقى الا أنه لا يجب غمر هذا الترمومتر فى بخار الماء الذى يغلى لانه فى هذه الدرجة التى تزيد على درجة غليان الكؤل باثنتين وعشرين درجة تقريبا يتصاعد من الكؤل أبخرة يتسبب عنها فى الغالب كسر الغلاف فيكتفى حينئذ بتعيين نقطة ثابتة على ساق الترمومتر بغمره فى سائل درجة حرارته معينة بترمومتر زئبقى وتساوى ٤٥° أو ٥٠° ويعلم فى النقطة التى يقف بحذائها الكؤل ٤٥ أو ٥٠ ثم تقسم المسافة التى بينها وبين الصفر الى ٤٥ أو ٥٠ قسما ويستمر فى التقسيم تحت الصفر وفوق هذه النقطة

(فى ترمومترات النهاية العظمى والنهاية الصغرى)

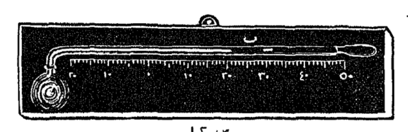
من المهم وجود ترمومترات بها يمكن تعيين أعلى درجات الحرارة وأوطاها فى محل معين وفى مدة معلومة بدون أن يكون الراصد ملزوما بملازمة الآلة واتباع دلالاتها فى هذا الزمن فترمومتر النهاية الصغرى المبين فى (شكل ١١) هو ترمومتر كؤلى يحتوى على اسطوانة من المينا ا مغمورة فى الكؤل فبزيادة الحرارة يمر الكؤل حول هذه الاسطوانة بدون أن يزحزحها

ومتى انخفضت درجة الحرارة ينكمش الكؤل ومتى وصلت نهايته الى محاذاة الاسطوانة يجذبها



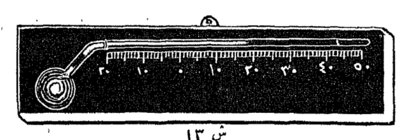
س ١١

معه و يتركها فى محلها متى ارتفعت درجة الحرارة ثانيا ولاجل صلاحية هذا الترمومتر للعمل يمال قليلا الى أن تصير الاسطوانة التى من المينا فى محاذاة سطح الكؤل فى الساق ثم يوضع وضعا أفقيا كما هو مبين فى الشكل ويترك طول المدة المراد معرفة النهاية الصغرى لدرجة الحرارة فيها و بعد ذلك يقرأ الرقم الموجود فى محاذاة طرف الاسطوانة العلوى فهذا الرقم يكون دالا على النهاية الصغرى المطلوبة أما ترمومتر النهاية العظمى المبين فى (شكل ١٢) فهو ترمومتر زئبق يوضع وضعا أفقيا كالمتقدم وساقه محتو على اسطوانة من الحديد ب موضوعة خارج الزئبق



س ١٢

فبارتفاع درجة الحرارة يطرد الزئبق هذه الاسطوانة أمامه وبانخفاضها ينكمش الزئبق ويترك الاسطوانة فى محلها التى وصلت اليه عند الزيادة ولتهيء هذا الترمومتر للعمل يجذب ساق الحديد الى موازاة السطح الزئبق بواسطة مغناطيس ويوجد فى هذا الترمومتر عيب وهو أنه اذا أحدثت فيه رجات عارضية ينبنى عليها دخول الساق الذى من الحديد فى الزئبق فلا يمكن خروجه منه بالثانى ولذا يستبدل فى وقتنا هذا بترمومتر زئبق يصنع الجزء المحصور بين ساقه ومستودعه منحنيا ورفيعا جدا (شكل ١٣) بحيث ان زئبق المستودع ينفذ من هذا الجزء عندما يتمدد الا أنه لا يمكنه العودة الى المستودع بالثانى عند انخفاض درجة الحرارة

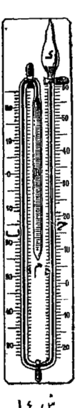


ش ١٣

ولاجل تهيئ هذا الترمومتر للاستعمال يوضع وضعا رأسيا وتحدث فيه بعض رجات من أعلى الى أسفل بواسطتها يدخل الزئبق الزائد فى الساق داخل المستودع ثم يوضع وضعا أفقيا كما هو مبين فى الشكل ويترك ونفسه طول المدة المراد معرفة النهاية العظمى لدرجة الحرارة فيها وبعد ذلك تقرأ الدرجة التى فى محاذاة سطح الزئبق فى ساقه فهذه الدرجة تكون هى الدرجة النهائية المطلوبة

(ترمومتر سكس)

قد أنشأ (سكس) ترمومترا حسنه (بللانى) يسمح لتعيين النهاية الصغرى والنهاية العظمى لدرجة الحرارة أثناء مدة معلومة وفى محل معين وهو يتركب من مستودع م متصل بساق رفيع منحن على نفسه مرتين ومنته بمستودع آخر ء (شكل ١٤) والمستودع م والساق يحتويان على كؤل الى نقطة ب ويوجد بعد هذا السائل زئبق يشغل الجزء المنحنى ويرتفع فى فرع الانبوبة الثانى الى نقطة ح وبعد ذلك يوجد عمود كؤلى آخر يرتفع الى نصف المستودع ء وباقى المستودع المذكور محتو على هواء تمنع قوته المرنة تباعد الزئبق عن الكؤل ويوجد داخل الكؤل فى كل من الفرعين اسطوانة صغيرة من المينا فيها جزء مدبب مكون من زنبلك فبارتفاع درجة الحرارة يتمدد الكؤل الموجود فى المستودع وكذا عمود الزئبق فترتفع حينئذ الاسطوانة التى فى الفرع الذى جهة اليمين أما الاسطوانة الاخرى فتبقى فى محلها بسبب الزنبلك المثبت فيها وبانخفاض درجة الحرارة ينكمش الكؤل الموجود فى المستودع ويتحرك العمود الزئبقى فى اتجاه مضاد للذى تحرك فيه أول مرة ويرفع حينئذ الاسطوانة التى جهة اليسار فالاسطوانة التى فى الفرع الذى جهة اليمين تبين حينئذ النهاية العظمى لدرجة الحرارة والتى جهة اليسار تبين النهاية الصغرى ولاجل اعداد هذه الآلة للعمل يبتدأ بتنزيل الاسطوانتين على سطحى العمود الزئبقى بواسطة مغناطيس صغير يجذب قطعة حديد صغيرة مثبتة فى كل منهما


ش ١٤

(تنبيهات على انتخاب المادة الترمومترية)

(الترمومتر الزئبقى) هو أكثر الترمومترات استعمالا ويمكن أن يبين بسهولة الاسباب التى أدت الطبيعيين لانتخابه

ولنبين أولا الاسباب التى بها فضلت الاجسام السائلة لعمل الترمومترات على الاجسام الصلبة والغازية فنقول

الاجسام الصلبة لا تصلح لعمل الترمومترات لان قابليتها للتمدد ضعيفة جدا أى أن الترمومترات التى تصنع منها تكون غير حساسة ويمكن تنقيص هذا العيب باستعمال رافعة مشابهة للموجودة فى البيرومتر ذى الرافعة المبين فى (شكل ١) الا أن ذلك الوضع يكون فى أغلب الاحيان سببا فى صعوبة استعمال الترمومتر

ويوجد عيب آخر فى الاجسام الصلبة وهو أهم من المتقدم وذلك ان الاجسام المذكورة وخصوصا المعادن عندما تسخن وتبرد على التوالى جملة مرات يحصل تغير فى ضم أجزائها الى بعضها ينتج منه تغير فى قابليتها للتمدد أعنى أن الترمومتر الواحد المصنوع من جسم معدنى يمكن أن يعطى تعليمات مختلفة طبقا للاحوال التى مرت عليه

أما الاجسام الغازية فهى التى تصلح لقياس التغيرات الضعيفة التى تحصل فى درجة حرارة الاجسام وذلك لان قابليتها للتمدد تزيد كثيرا عن الاجسام الصلبة والسائلة فيرى مثلا أنه يمكن استعمال جهاز كالمبين فى (شكل ٤) أو كالمبين فى (شكل ٥) كترمومتر ذى حساسة عظيمة جدا غير أن الترمومترات الغازية تحتاج الى أشخاص متدربين على التجارب الطبيعية لتعيين درجة الحرارة بواسطتها وزيادة على ذلك فانه يلزم بعد عمل التجربة اجراء عملية حسابية لاستنتاج درجة الحرارة ولذا كانت الترمومترات المذكورة لا تستعمل الا لتعيين درجات الحرارة المراد منها استنتاج قواعد عملية ويفضل عليها فى الاستعمالات العادية آلات كالترمومترات التى سبق شرحها تبين فى الحال درجة الحرارة بقراءة الرقم المحاذى لسطح الزئبق فى ساقها

وأخيرا قد صار انتخاب الزئبق لعمل الترمومترات دون غيره من الاجسام السائلة لجملة أسباب أهمها هى

أولا — يمكن التحصل على هذا السائل نقيا نقاوة تامة وهذا الشرط لازم لتكون سوائل الترمومترات المختلفة مشابهة لبعضها

ثانيا — درجة — ٤٠ التى يتجمد فيها الزئبق بعيدة جدا عن درجة + ٣٦٠ التى يغلى فيها ومعظم درجات الحرارة التى يراد معرفتها عادة محصورة بين هاتين الدرجتين

ثالثا — الزئبق يكتسب بسرعة درجة حرارة الوسط الذى يوضع ملامسا له

الفصـــــــــل الثـانى

(فى تمدد الاجسام الصلبة)

(فى عامل التمدد الطولى وعامل التمدد الحجمى)

قد نتج من التجارب العديدة انه اذا سخن قضيب من جسم صلب بين صفر ومائة أو مائة وخمسين درجة فالتغيرات التى تحصل فى طوله تكون مناسبة للتغيرات التى تحصل فى درجة حرارته وبناء على ذلك وضع التعريفان الآتيان

عامل التمدد الطولى لقضيب هو العــدد الدال على زيادة وحدة أطوال هذا القضيب فى الطول عندما ترفع درجة حرارتها درجة واحدة

وعامل التمدد الحجمى لجسم هو العدد الدال على زيادة وحدة أحجام ذلك الجسم عندما ترفع درجة حرارتها درجة واحدة

(فى اسـتعمالات عامل التمدد)

اذا علم عامل تمدد الاجسام فيمكن بواسطته حل جميع المسائل المتعلقة بالتمدد وهى

(المسئلة الاولى) المعلوم طول قضيب ل فى درجة الصفر وعامل تمدده الطولى م والمطلوب ايجاد طوله لَ فى درجة ر

لاجل ذلك يقال حيث ان وحدة أطوال هذا القضيب تزداد طولا عندما تسخن من درجة الصفر الى درجة واحد بمقدار م يكون المقدار الذى تزداده عندما تسخن من درجة الصفر الى درجة ر هو م ر ويكون حينئذ المقـدار الذى يزداده القضيب الذى طوله ل عنـدما يسخن من صـفر الى درجة ر هو ل م ر ويكون حينئذ الطول الكلى للقضيب فى درجة ر مبينا بالقانون

لَ = ل + ل م ر أو لَ = ل (١ + م ر) (١)

(المسئلة الثانية) المعلوم طول قضيب لَ فى درجة ر وعامل تمدده الطولى م والمطلوب ايجاد طوله ل فى درجة الصفر

لاجل ذلك تقسم طرفى القانون (١) على (١ + م ر) فينتج

ل = لَ ⁄ (١ + م ر) (٢)

(المسئلة الثالثة) المعلوم طول قضيب ل' فى درجة ن وعامل تمدده الطولى م والمطلوب ايجاد طوله ل'' فى درجة ن'

لاجل ذلك يقال نرمز بحرف ل لطول ذلك القضيب فى درجة الصفر فينتج بناء على ماسبق أن

$$\text{ل}' = \text{ل}(1 + \text{م}\,\text{ن}) \quad \text{و} \quad \text{ل}'' = \text{ل}(1 + \text{م}\,\text{ن}')$$

وبقسمة هاتين المتساويتين على بعضهما طرفا بطرف ينتج

$$\frac{\text{ل}''}{\text{ل}'} = \frac{1 + \text{م}\,\text{ن}'}{1 + \text{م}\,\text{ن}}$$

وبذلك يكون

$$\text{ل}'' = \text{ل}' \times \frac{1 + \text{م}\,\text{ن}'}{1 + \text{م}\,\text{ن}} \qquad (٣)$$

تنبيه — اذا رمز بحرف ح لحجم جسم فى درجة الصفر وبحرف ح' لحجمه فى درجة ن وبحرف ه لعامل التمدد الحجمى لذلك الجسم فيستنتج باثبات مشابه لاثبات المسألة الاولى أن

$$\text{ح}' = \text{ح}(1 + \text{ه}\,\text{ن}) \qquad (١)$$

ومن هذا القانون ينتج أن

$$\text{ح} = \frac{\text{ح}'}{1 + \text{ه}\,\text{ن}} \qquad (٢)$$

واذا رمز بحرف ح'' لحجم الجسم فى درجة ن' يكون

$$\text{ح}'' = \text{ح}' \times \frac{1 + \text{ه}\,\text{ن}'}{1 + \text{ه}\,\text{ن}} \qquad (٣)$$

(المسئلة الرابعة) المعلوم كثافة جسم ك فى درجة الصفر وعامل التمدد الحجمى ه لذلك الجسم والمطلوب ايجاد كثافته ك' فى درجة ن لاجل ذلك يقال ان كثافات الجسم الواحد فى درجات الحرارة المختلفة تكون مناسبة تناسبا عكسيا لاحجامه فى هذه الدرجات فاذا رمز حينئذ لحجم الجسم فى درجة الصفر بحرف ح ولحجمه فى درجة ن بحرف ح' يكون

$$\frac{\text{ك}'}{\text{ك}} = \frac{\text{ح}}{\text{ح}'}$$

وبتعويض ح' بما ساواه وهو ح(1 + ه ن) ينتج

$$\frac{\text{ك}'}{\text{ك}} = \frac{\text{ح}}{\text{ح}(1 + \text{ه}\,\text{ن})} = \frac{1}{1 + \text{ه}\,\text{ن}} \quad \text{أو} \quad \text{ك}' = \frac{\text{ك}}{1 + \text{ه}\,\text{ن}}$$

(المسئلة الخامسة) المعلوم كثافة جسم ك' فى درجة ن وعامل التمدد الحجمى ه لذلك الجسم والمطلوب ايجاد كثافته ك'' فى درجة ن'

لاجل ذلك يقال نرمز بحرف ك لكثافة ذلك الجسم فى درجة الصفر فينتج بناء على ماسبق

$$\text{ك}' = \frac{\text{ك}}{1 + \text{ث ن}} \quad \text{و} \quad \text{ك}'' = \frac{\text{ك}}{1 + \text{ث ن}'}$$

وبقسمة هاتين المتساويتين على بعضهما طرفا بطرف ينتج

$$\frac{\text{ك}''}{\text{ك}'} = \frac{1 + \text{ث ن}}{1 + \text{ث ن}'}$$

وبذلك يكون

$$\text{ك}'' = \text{ك}' \times \frac{1 + \text{ث ن}}{1 + \text{ث ن}'}$$

(طريقة تعيين عامل تمدد الاجسام الصلبة)

لاجل تعيين عامل تمدد الاجسام الصلبة يجب قياس أحجام معينة منها فى درجات الحرارة المختلفة وبما أنه يصعب عادة قياس حجم أى جسم فى درجة حرارة معينة فيعين أولا عامل التمدد الطولى للاجسام بالطريقة التى سنذكرها فيما سيأتى ويستنتج من ذلك عامل التمدد الحجمى باستعمال الارتباط الواقع بينه وبين عامل التمدد الطولى

(فى بيان الارتباط الواقع بين عامل التمدد الطولى وعامل التمدد الحجمى)

اذا رمزنا بحرف م لعامل التمدد الطولى لجسم صلب وليكن الحديد مثلا وبحرف ث لعامل التمدد الحجمى لذلك الجسم وفرضنا أن وحدة الاطوال هو المتر ووحدة الاحجام هو المتر المكعب وتصورنا مكعبا من الحديد ضلعه متر وهو فى درجة الصفر وسخناه لدرجة واحدة فان كل ضلع من أضلاعه يزيد بمقدار م ويصير حجمه الكلى وهو فى هذه الدرجة مساويا الى

$$(1 + \text{م})^3 \quad \text{أعنى} \quad 1 + 3\text{م} + 3\text{م}^2 + \text{م}^3$$

وبذلك تكون زيادة حجم المتر المكعب من الحديد عندما يسخن من درجة الصفر الى درجة واحد أى عامل التمدد الحجمى للحديد هو

$$\text{ث} = 3\text{م} + 3\text{م}^2 + \text{م}^3$$

وحيث ان م كسر صغير جدا كما سيتبين لنا ذلك فيما سيأتى فيكون مربعه م^2 ومكعبه م^3 صغيرين للغاية بالنسبة اليه ولا يؤثر حذف الحدين المحتوين عليهما تأثيرا محسوسا على مقدار ث لان مجموع الحدين المذكورين يكون دائما أقل من الخطأ الذى ينتج عند اجراء التجربة وبذلك يكون $\text{ث} = 3\text{م}$

أعنى أن العدد الذى يدل على عامل التمدد الحجمى لجسم يساوى على وجه التقريب ثلاثة أمثال العدد الدال على عامل التمدد الطولى للجسم المذكور ومن ذلك ينتج أنه لاجل ايجاد عامل التمدد الحجمى للاجسام الصلبة يكفى البحث عن عامل تمددها الطولى وضربه فى ثلاثة

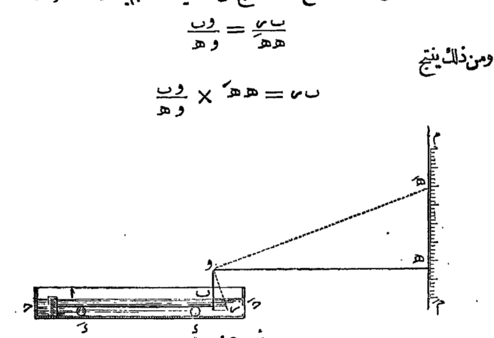
(فى قياس عامل التمدد الطولى للاجسام الصلبة بطريقة لافوازيه ولابلاس)

ان الطريقة التى اتبعها (لافوازيه) و (لابلاس) لتعيين عامل التمدد الطولى للاجسام تنحصر فى جعل التمدد المذكور سهل المشاهدة والقياس بطريقة مشابهة للمستعملة فى البيرومتر ذى الرافعة المبين فى (شكل ١) فكانا يضعان القضيب أ ب المراد معرفة عامل تمدده كما هو مبين فى (شكل ١٥) فى قاع صندوق حـ حـَ على اسطوانتين من الزجاج د و دَ متحركتين حول محوريهما بحيث يكون أحد طرفيه أ متكئا على عقب ثابت وطرفه الآخر ب مرتكزا على طرف ساق رأسى ب و متحرك حول محور مار فى و وكان هذا المحور حاملا لنظارة فى الاتجاه و هـ مثبت أمامها وعلى بعد منها يساوى مائتى متر تقريبا مسطرة رأسية م مَ مقسمة الى سنتيمترات فكان يحاط أولا القضيب أ ب بالثلج الآخذ فى السيحان ويقرأ على المسطرة القسم هـ الموجود على اتجاه محور النظارة ثم يرفع الثلج ويعاض بماء أو زيت ساخن تعين درجة حرارته بالضبط فبسبب ارتفاع درجة الحرارة كان تمدد القضيب ويدفع أمامه الساق الرأسى الى الوضع ىَ و وتأخذ النظارة وضعا آخر فبتعيين القسم هـَ الموجود على امتداد محورها وهى فى ذلك الوضع كان يستنتج من المثلثين المتشابهين و هـ هـَ و و ب ىَ أن

$$\frac{ب ىَ}{هـ هـَ} = \frac{و ب}{و هـ}$$

ومن ذلك ينتج

$$ب ىَ = هـ هـَ \times \frac{و ب}{و هـ}$$



ش ١٥

أعنى أنه لاجل ايجاد مقدار الزيادة ب ر التى تحصل فى طول الساق أثناء كل تجربة يكفى ضرب الطول هـ هـ َ فى النسبة $\frac{و ب}{و هـ}$ التى كانت تعين قبل اجراء التجربة بغاية من الضبط ومتى علمت هذه الزيادة يستخرج منها عامل التمدد الطولى أى الزيادة التى تحصل فى طول قضيب من المادة المصنوعة عليها التجربة طوله يساوى الوحدة عندما يسخن درجة واحدة وذلك بقسمة الزيادة المذكورة على حاصل ضرب طول القضيب وهو فى درجة الصفر فى العدد الدال على درجة الحرارة التى سخن اليها وهاك بعض النتائج التى صار التحصل عليها مرتبة بالحروف الابجدية

أسماء الاجسام	مكافئ تمددها الطولى	أسماء الاجسام	مكافئ تمددها الطولى
البلاتين	٠,٠٠٠٠٠٩	الصلب المسقى ...	٠,٠٠٠٠١٣
الحديد	٠,٠٠٠٠١٢	الفضة	٠,٠٠٠٠١٩
الذهب	٠,٠٠٠٠١٥	النحاس	٠,٠٠٠٠١٧
الزجاج المعتاد ...	٠,٠٠٠٠٠٩	النحاس الاصفر ..	٠,٠٠٠٠١٩

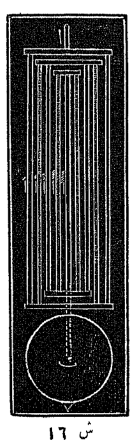
(فى تطبيقات تمدد الاجسام الصلبة)

ان التمدد أو الانكماش اللذين يحصلان فى الاجسام الصلبة عندما تغير درجة حرارتها يتسبب عنهما ظواهر كثيرة فمثلا اذا سخن فجأة جزء من سطح آنية من الزجاج فانها تنكسر وذلك لان الحرارة لا تنتقل فى الزجاج الا بصعوبة من النقط المسخنة الى النقط المجاورة لها وبهذه الصفة تمدد الاجزاء التى تسخن دون غيرها وتحدث ضغطا قويا على الاجزاء المجاورة لها ينبنى عليه جبر الآنية كذا اذا برد جزء من سطح آنية من الزجاج ساخنة فانها تنكسر وذلك لان الجزء المذكور ينكمش دون غيره

وللتمدد تطبيقات عديدة منها أنه عند انشاء سكك الحديد تترك مسافات خالية بين قضبان الحديد التى تصنع منها الاشرطة لانه اذا جعلت القضبان المذكورة ملامسة لبعضها لتقوست عند تمددها بتأثير حرارة الصيف عليها

وقد أسس على اختلاف قابلية الاجسام المختلفة للتمدد تطبيق مهم فى انشاء البنادل المنظمة المستعملة لتنظيم حركة عقارب الساعات الدقاقة ففى البنادل المذكورة التى تصنع من قطع معدنية مختلفة يبقى البعد بين نقطة تعليق كل منها ومركز تذبذبه واحدا مهما كانت درجة

الحرارة الخارجية وهذا الشرط ضرورى لانه اذا تغير طول البندول لتغيرت مدة مكث ذبذباته وتبعا لذلك تتغير سرعة حركة العقارب


ش ١٦

ويوجد جملة أنواع من البنادل المنظمة أكثرها استعمالا يتركب كما هو مبين فى (شكل ١٦) من عدسة معدنية ب محمولة بجملة سيقان الفردية الوضع منها من الصلب والاخرى من النحاس الاصفر وسيقان الصلب مبينة فى الرسم أسود من سيقان النحاس وساق الصلب أ الحامل للعدسة ب مثبت من جزئه العلوى فى عرضة أفقية وينفذ خالصا من فتحتين اسطوانيتين مصنوعتين فى العرضتين السفليتين

وبالتأمل فى الشكل يرى أنه بالصفة المتصلة بها السيقان الرأسية ببعضها بواسطة العرضات الافقية يحصل تمدد سيقان الصلب من أعلى الى أسفل وتمدد سيقان النحاس من أسفل الى أعلى فينتج من ذلك أنه لاجل أن يبقى طول البندول ثابتا يلزم ويكفى أن تمدد سيقان النحاس يرفع العدسة على الدوام بمقدار يساوى للذى يعمل أن يخفضها به تمدد سيقان الصلب وبالعكس

الفصل الثالث

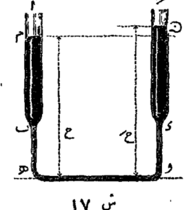
(فى تمدد السوائل)

(فى التمدد الظاهرى والتمدد الحقيقى)

اذا سخن سائل فى اناء كالمبين فى (شكل ٣) فان زيادة حجم السائل التى تشاهد نهائيا لاتكون دالة على تمدده بل تكون نتيجة تأثير الحرارة على كل من السائل والغلاف وهذه الزيادة هى المسماة بالتمدد الظاهرى لذلك السائل وبما أن حجم الاناء يزداد بتأثير الحرارة عليه ينتج أن التمدد الظاهرى لسائل وهو فى اناء يكون أقل من الزيادة الحقيقية التى تحصل فى حجم ذلك السائل أى تمدده الحقيقى ويظهر فى بادئ الامر أنه لايمكن قياس التمدد الحقيقى لسائل من غير معرفة تمدد الغلاف المحتوى عليه ومع ذلك فان (دولونج وبتى) تحصلا على ذلك بخصوص الزئبق بالطريقة الآتية

(فى تعيين عامل التمدد الحقيقى للزئبق بطريقة دولونج وپتى)

يوضع الزئبق فى أنبوبة ذات فرعين رأسيين حد و اب (شكل ١٧) متصلتين ببعضهما بانبوبة شعرية بهود جزئها وهـ أفقى ويحاط أحد الفرعين وليكن اب بالثلج والفرع الآخر بزيت مسخن الى درجة حرارة معلومة فتكون حينئذ كثافة الزئبق فى كل من هذين الفرعين غير واحدة بما أن درجة حرارته تختلف فيهما فاذا رمز بحرف ك لكثافته فى الفرع اب وبحرف ك' لكثافته فى الفرع حد فيكون البعدان ع و ع' بين سطحيهما الخالصين والانبوبة وهـ مناسبين تناسبا عكسيا لهاتين الكثافتين أعنى



ش ١٧

$$\frac{\text{ع}'}{\text{ع}} = \frac{\text{ك}}{\text{ك}'} \qquad (1)$$

ومن جهة أخرى تقدم أن

$$\text{ك}' = \frac{\text{ك}}{1 + \text{ث}\,\text{ر}}$$

بفرض أن ث هى عامل التمدد الحقيقى للزئبق و ر درجة حرارة الزيت المحيط بالفرع حد فبتعويض ك' بما ساواها فى المتساوية (١) ينتج

$$\frac{\text{ع}'}{\text{ع}} = 1 + \text{ث}\,\text{ر}$$

ومن هنا يستنتج

$$\text{ث} = \frac{\text{ع}' - \text{ع}}{\text{ع}\,\text{ر}}$$

فباجراء التجربة بواسطة جهاز مؤسس على هذه الخاصية استنتج (دولونج وپتى) أن عامل التمدد الحقيقى للزئبق هو $\frac{1}{5550}$ أى ٠,٠٠٠١٨٠١٨

(فى تعيين عامل التمدد الحقيقى للسوائل الاخر)

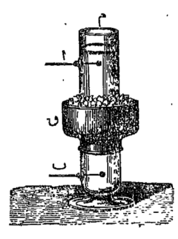
متى علم عامل التمدد الحقيقى للزئبق يستعمل لاجل تعيين عامل التمدد الحقيقى للسوائل الاخر طريقة مؤسسة على التنبيه الآتى وهو أنه اذا سخن سائل فى اناء فيمكن اعتبار التمدد الحقيقى لذلك السائل مساويا التمدد الظاهرى مضافا اليه تمدد الغلاف

اذا تقرر ذلك يقال انه اذا وضع زئبق فى غلاف من الزجاج وسخن عليه الى درجة حرارة معينة وعين مقدار التمدد الظاهرى فيمكن ايجاد تمدد الغلاف بطرح من التمدد الحقيقى للزئبق التمدد الظاهرى الذى صارت مشاهدته فاذا عوض بعد ذلك الزئبق الموجود فى هذا الغلاف بسائل آخر وعين مقدار التمدد الظاهرى للسائل المذكور فانه يمكن ايجاد تمدده الحقيقى حيث ان تمدد الغلاف معلوم

(فى النهاية العظمى لكثافة الماء)

اذا وضع فى سائل واحد ترمومتر زئبق وغلاف ترمومتر محتو على ماء وخفضت درجة حرارة هذا السائل شيأ فشيأ شوهد فى تغيير حجم الماء الموجود فى الغلاف الترمومترى ظاهرة عجيبة فاذا فرض مثلا أن درجة حرارة السائل المحيط بالترمومترين كانت فى بادئ الامر ١٥° يرى أولا أن الزئبق والماء ينخفضان فى الترمومترين الا أنه عندما يصل الزئبق فى ساق الترمومتر الزئبقى الى درجة + ٤ تقريبا يرى أن سطح الماء يرتفع ثانيا فى ساق الغلاف المحتوى عليه أما سطح الزئبق فانه يستمر فى الانخفاض فينتج من ذلك حينئذ أنه يوجد بجوار درجة أربعة درجة حرارة يكون لحجم الماء فيها نهاية صغرى أى لكثافته نهاية عظمى

ويمكن أن يبين أيضا أن لكثافة الماء نهاية عظمى عندما تكون درجة حرارته بجوار أربعة باستعمال جهاز مكون كما هو مبين فى (شكل ١٨) من مخبار من الزجاج م مملوء بالماء ويخترق جدره ترمومتران أفقيان ا و ب أحدهما ا يوجد فى الطبقات العليا من السائل والثانى ب يوجد فى طبقاته السفلى والجزء المتوسط من المخبار م محاط بغلاف اسطوانى ن مملوء بالثلج المجروش فاذا فرض أن درجة حرارة ماء المخبار = + ١٥° تقريبا يشاهد أن عمود الزئبق ينخفض فى ساقى الترمومترين الا أنه ينخفض بسرعة عظيمة فى ساق الترمومتر السفلى وببطء جدا



ش ١٨

فى ساق الترمومتر العلوى وذلك يدل على أن طبقات الماء التى تبرد من تأثير الثلج فى الجزء المتوسط تنزل فى القاع أى أن كثافتها تزداد ومتى وصل الترمومتر السفلى الى درجة أربعة يشاهد أن سطح الزئبق يبقى فيه ثابتا الا أنه يستمر فى الانخفاض فى الترمومتر العلوى الى أن يصل الى درجة أربعة ثم الى درجة الصفر فينتج من ذلك حينئذ أن طبقات الماء التى تبرد فى الجزء المتوسط من المخبار الى درجة أقل من + ٤ تصير أخف من الماء التى فى درجة ٤ أى أن كثافتها تقل

وقد تحصل ظواهر مشابهة للتي شاهدناها في التجربة السابقة في مياه معظم البحار والبحيرات فيشاهد أن درجة حرارة المياه المذكورة تكون على الدوام ابتداء من عمق معين مساوية الى أربعة مهما كان حر الصيف و برد الشتاء وذلك لان تغير الحرارة الخارجية ينبني عليه أن تكون كثافة الطبقات المجاورة للسطح أقل من كثافة المياه العميقة و بذلك فان الطبقات السفلى لا تختلط أبدا بالطبقات التي فوقها

الفصــــــل الرابع

(في تمــدد الغـازات)

(عامل تمدد الغازات وهي تحت ضغط ثابت وقانون غايلوساك)

عامل تمدد غاز وهو تحت ضغط ثابت هو العدد الدال على زيادة وحدة أحجام هذا الغـاز عندما يسخن درجة واحدة

وقد توصل (غايلوساك) بالتجارب التي أجراها الى القـانون العمومي الآتي

عامل تمدد جميع الغازات بين صفر ومائة درجة واحد وهو لا يتعلق بالضـغط الذي يكون مؤثرا على الغاز عند تسخينه متى كان الضغط المذكور ثابتا أثناء كل تجربة

وقد أورت تجارب (رونيولت) أنه لا يجب اعتبار هـذا القـانون مضبوطا ضبطا تاما ومع ذلك فانه قريب جدا من الحقيقة بحيث انه يمكن تطبيقه في معظم الاحوال بدون خطأ عظيم لايجاد حجم الغازات في درجات الحرارة المختلفة

(في المسائل الخاصة بتمدد الغـازات)

اذا رمز بحرف ت لعامل تمدد غاز وبالاحرف ح و حَ و حً للاحجام التي تشـغلها كتلة من هذا الغاز بدون أن تتغير قوتها المرنة في درجة الصفر ودرجة ر ودرجة رَ فيتحصل بطريقة مشابهة للتي ذكرت عند التكلم على المسائل الخاصة بتمدد الاجسام الصلبة أن

$$\text{حَ} = \text{ح}(1 + \text{ت}\,\text{ر}) \qquad (1)$$

$$\text{ح} = \frac{\text{حَ}}{1 + \text{ت}\,\text{ر}} \qquad (2)$$

$$\text{حً} = \text{حَ} \times \frac{1 + \text{ت}\,\text{رَ}}{1 + \text{ت}\,\text{ر}} \qquad (3)$$

تنبيـــه ـ لاتستعمل القوانين الثلاثة السابقة الا اذا كانت القوة المرنة للغاز تبقى واحدة في درجات الحرارة المختلفة وحيث انه في معظم الاحوال تتغير القوة المرنة مع تغير الحرارة فيلزمنا حينئذ حل المسألة الآتية

المعلوم كتلة غازية حجمها ع وقوتها المرنة ص ودرجة حرارتها ر والمطلوب ايجاد حجم هذه الكتلة عَ عندما تصير قوتها المرنة صَ ودرجة حرارتها رَ

لاجل ذلك يقال اننا لو رمزنا بحرف ں للحجم الذي يأخذه الغاز اذا غيرت قوته المرنة من ص الى صَ من غير تغيير درجة حرارته يكون بناء على قانون (ماريوت)

$$\frac{ع}{ں} = \frac{صَ}{ص}$$

ومن ذلك يستخرج

$$ں = \frac{ع ص}{صَ}$$

فاذا غيرت حينئذ درجة حرارة هذا الغاز من ر الى رَ ينتج طبقا لما تقدم

$$عَ = ں \times \frac{1+ \text{ى}رَ}{1+\text{ى}ر}$$

وبتعويض ں بما ساواها يحدث

$$عَ = ع \times \frac{ص}{صَ} \times \frac{1+\text{ى}رَ}{1+\text{ى}ر}$$

واذا كان المراد ايجاد حجم الغاز في درجة الصفر وضغط ٧٦٠ ملليمترا يوجد

$$عَ = ع \times \frac{ص}{٧٦٠} \times \frac{1}{1+\text{ى}ر}$$

الفصـــل الخامس

(في كثافة الغازات)

(تعريف كثافة الغازات)

كثافة غاز هي النسبة الكائنة بين وزن حجم منه ووزن حجم مساوله من الهواء بشرط أن يأخذ كل منهما في درجة الصفر وتحت ضغط يساوي ٧٦٠ ملليمترا

(فى أساس الطريقة التى وضعها (رونيولت) لتعيين كثافة الغازات)

لاجل تعيين كثافة الغازات المختلفة استعمل (رونيولت) طريقة تنحصر فى العمليتين الآتيتين

أولا يعين وزن الغاز الذى يملأ قبابة من الزجاج وهو فى درجة الصفر وتحت ضغط يساوى الضغط الجوى ثم يستخرج من ذلك وزن الغاز الذى يملأ نفس القبابة فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا بتطبيق قانون (ماريوت)

ثانيا يعين باجراء تجربة ثانية مشابهة للاولى وزن الهواء الذى يملأ نفس القبابة فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا فيكفى حينئذ لايجاد العدد الدال على كثافة الغاز قسمة العدد الاول على العدد الثانى

وبهذه الكيفية تحصل (رونيولت) على النتائج الآتية

أسماء الغازات	كثافاتها	أسماء الغازات	كثافاتها
الهواء	١٫٠٠٠٠	الاندريدكربونيك ..	١٫٥٢٩٠
الازوت	٠٫٩٧١٤	أوكسيدالكربون .	٠٫٩٦٨٠
الاوكسجين ...	١٫١٠٥٦	الاندريدكبريتوز ..	٢٫٢٥٠٠
الايدروجين ...	٠٫٠٦٩٣		

(فى تعيين ثقل اللتر من الهواء)

عند اجراء الجزء الثانى من التجربة السابقة صار تعيين وزن الهواء الذى يملأ قبابة من الزجاج فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا فيكفى حينئذ لتعيين وزن اللتر من الهواء فى الشروط السابقة أن يعين حجم القبابة المذكورة وقد توصل الى ذلك (رونيولت) بتعيين وزن الماء الذى يملأها ومن ذلك استنتج حجمها فبقسمة وزن الهواء الذى يملأها على ذلك الحجم تحصل على ١٫٢٩٣ جرام الذى يكون حينئذ عبارة عن وزن اللتر من الهواء فى درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا

(مسئلة)

المطلوب تعيين وزن غاز حجمه ح ودرجة حرارته ں وقوته المرنة ص

لاجل ذلك يقال نرمز بحرف ك لكثافة هذا الغاز بالنسبة للهواء فيكون وزن اللتر منه في درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا هو ١٫٢٩٣ جرام × ك ومن جهة أخرى يرى أن حجم الغاز السابق الذكر في درجة الصفر وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا يكون بناء على ما تقدم مبينا بالقانون

$$ح \times \frac{ص}{٧٦٠} \times \frac{١}{١ + ن د}$$

وحينئذ يكون وزنه و هو

$$و = ١٫٢٩٣ \times ك \times ح \times \frac{ص}{٧٦٠} \times \frac{١}{١ + ن د}$$

الباب الثانى

(فى تغيير حالة الاجسام)

(فى تغيير حالة الاجسام بتأثير الحرارة)

اذا رفعت درجة حرارة جسم صلب بطريقة مستمرة فيأتى على العموم وقت يصير فيه الجسم المذكور سائلا وهذه الظاهرة هى المسماة بالصهر أى السيحان و بالعكس اذا برد جسم سائل تبريدا كافيا فانه يصير صلبا وهذه هى ظاهرة التجمد كذا اذا سخنت الاجسام السائلة بطريقة مستمرة فانها تستحيل الى غاز يعطى له غالبا اسم بخار وهذه هى ظاهرة التبخر وبالعكس اذا بردت الابخرة فانها تعود الى الحالة السائلة ثانيا وهذه هى ظاهرة التكثيف أو السيولة وسنذكر على التوالى جميع هذه الاستحالات

الفصل الاول

(فى السيحان والتجمد)

(فى السيحان)

ظاهرة السيحان أى الصهر منقادة للقانونين الآتيين

أولا عندما ترفع درجة حرارة جسم بالتدريج فانه يبتدئ فى السيحان فى درجة حرارة معينة تسمى درجة سيحانه أى صهره

ثانيا متى ابتدأ الجسم فى السيحان فانه يستمر فيه ودرجة حرارته تبقى ثابتة مادامت باقية فيه أجزاء صلبة

فثلا اذا أثر على بعض قطع من القصدير بالحرارة يشاهد أنها تبتدئ فى السيحان متى وصلت درجة حرارتها الى ٢٣٥° وعندذلك تبقى درجة حرارة الكتلة ثابتة ومساوية الى ٢٣٥° الى أن يستحيل القصدير بتمامه الى الحالة السائلة واختلاف شدة حرارة النار المستعملة للتسخين لا يكون له تأثير الا على سرعة الصهر ومتى تم سيحان الجسم يشاهد أن درجة حرارته تبتدئ فى الزيادة عن ٢٣٥°

ولكل جسم درجة صهر خاصة به كما يتضح ذلك من الجدول الآتى

أسماء الاجسام	درجات سيحانها	أسماء الاجسام	درجات سيحانها
زئبق	— ٤٠	بزموت	٢٦٢
ثلج	٠٠	رصاص	٣٢٥
حمض الخليك	١٧	أنتيمون	٤٣٢
فوسفور	٢و٤٤	خارصين	٤٥٠
بوتاسيوم	٥٨	الومينيوم	٦٠٠
صوديوم	٩٠	فضه	١٠٠٠
يود	١٠٧	ظهر الحديد	١٠٥٠
كبريت	٦و١١٣	ذهب	١٢٥٠
زرنيخ	٢١٠	صلب	١٤٠٠
قصدير	٢٣٥	حديد	١٥٠٠

وكان يعتبر قديما من الاجسام الصلبة ما هو غير قابل للصهر وذلك كالبلاتين والجير وغير ذلك الا أنه أمكن أخيرا اسيحان كثير من هذه الاجسام عند التحصل على حرارة كثيرة الارتفاع ولذلك يعتبر الآن أن جميع الاجسام قابلة للصهر والتى لم يمكن صهرها منها انصهر كغيرها غير أنها تحتاج الى حرارة قوية جدا ما أمكن التحصل عليها الى وقتنا هذا

(فى الحرارة الكامنة للصهر)

حيث ان درجة حرارة أى جسم تبقى ثابتة أثناء المدة التى يسيح فيها مهما كانت حرارة الينبوع الحرارى المستعمل لتسخينه ينتج أن الحرارة المتولدة بالينبوع الحرارى أثناء ذلك تكون مستعملة فقط لاحالة الجسم من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة وقد سميت هذه الحرارة أى الحرارة التى يمتصها جسم أثناء صهره بالحرارة الكامنة لصهر هذا الجسم

(التجمد)

ان ظاهرة التجمد منقادة لقانونين مشابهين لقانونى السيحان وهما

أولا عندما يبرد جسم سائل بالتدريج فانه يبتدئ على العموم فى التجمد فى درجة حرارة معينه هى الدرجة التى يسيح فيها الجسم الذى يستحيل اليه

ثانيا متى ابتدأ الجسم فى التجمد فانه يستمر فيه ودرجة حرارته تبقى ثابتة الى أن يتجمد بتمامه

وثبات درجة الحرارة أثناء التجمد يورى أن الحرارة التى يفقدها الجسم أثناء تجمده تقابل فقط لتغير حالته وهذه الحرارة هى الحرارة الكامنة التى امتصها الجسم عند صهره والغير ممكن له أن يحفظها وهو على الحالة الصلبة

(ظاهرة فوق الصهر)

قد أورت التجربة أنه اذا أخذ سائل فى حالة سكون تام وغير محتو على أجزاء صلبة من الجسم الصلب الذى يستحيل اليه فيمكن تبريده الى درجة أقل بكثير من الدرجة التى يتجمد فيها عادة بدون أن يستحيل الى الحالة الصلبة فيقال عند ذلك انه فوق مصهور وقد أثبت ذلك جرنيز على الماء والكبريت والفوسفور وكثير من الاجسام الاخر

ولاجل تجميد جسم فوق مصهور يرج الاناء المحتوى عليه أو يدلك فى وسطه جسمان صلبان بعضهما أو أحيانا ملامسة الهواء تكفى لحصول ذلك غير أن هذه الطرق لا تنجح دائما والطريقة التى لا تخل أبدا هى أن يلقى فى باطن السائل الفوق مصطهر قطعة صغيرة من الجسم الصلب الذى يستحيل اليه فيشاهد فى الحال تجمد جزء من هذا الجسم يكون مقداره أعظم كلما كانت درجة الحرارة المبرد اليها الجسم الفوق مصطهر أكثر انخفاضا وزيادة على ذلك فانه يشاهد عند حصول هذا التجمد ارتفاع درجة الحرارة الى الدرجة التى يصهر فيها الجسم المصنوعة عليه التجربة وذلك لان الجزء الذى يتجمد يترك مقدار الحرارة الذى امتصه عند استحالته الى الحالة السائلة وهذه الحرارة هى التى تسخن الكتلة بتمامها

(فى تغير الحجم الذى يصحب الصهر أو التجمد)

ان معظم الاجسام السائلة عندما تستحيل الى الحالة الصلبة يحصل نقص فى حجمها وتبعا لذلك ازدياد فى كثافتها فيشاهد مثلا أن الكبريت الصلب ينزل فى قاع اناء محتو على كبريت مصطهر وهذه الظاهرة تشاهد أيضا فى الفوسفور والشمع والرصاص ومعظم المعادن أما الماء فيحصل فيه عكس ذلك أى أن حجمه يزداد عند تجمده والدليل على ذلك أن الثلج يطفو على سطح الماء

والزيادة التى تحصل فى حجم الماء عند تجمده لها أهمية عظمى فى الطبيعة وذلك لان طبقة الثلج التى تتكون على سطح الانهر والبحيرات فى البلاد الباردة تبقى على السطح وتحفظ باقى الماء من التجمد واذا كان حجم الماء ينقص عند تجمده لسقط الجليد الذى يتكون على سطح الانهر والبحيرات فى قاعها وتجلد غيره وهكذا الى أن تصير جميع مياهها جليدا وبذلك تبقى حياة الحيوانات والنباتات غير ممكنة فيها

وبما أن حجم الماء يزداد كثيرا عند تجمده فينتج منه ضغط قوى على جدر الاوعية المحتوية عليه ولاثبات ذلك تملأ ماسورة من الحديد ملأ تاما بالماء وتسد فتحتاها ببرمتين مقلوظتين ثم توضع فى مخلوط مبرد مكون من الجليد المجروش وملح العطام فيرى بعد برهة أنها تولد صوتا ناشئا عن كسرها كسرا طوليا وقت تجمد الماء فيها وبهذه الصفة تتمزق سيقان النباتات الموجودة فى البلاد الباردة وأفرعها عندما يكون البرد شديدا وذلك بسبب كون عصارة هذه النباتات تزداد حجما وقت ما تجمد

(فى ذوبان الاجسام الصلبة فى السائلة والمخاليط المبردة)

اذا وضع مقدار من ملح العطام فى الماء فيشاهد أنه يستحيل الى سائل يختلط اختلاطا تاما بالماء وقد سميت هذه الاستحالة بالذوبان

وعندما يكون الذوبان غير مصحوب بظواهر كيماوية فيتولد عنه انخفاض فى درجة الحرارة ناشئ من امتصاص الجسم المذاب لكمية الحرارة اللازمة لاحالته الى الحالة السائلة فمثلا اذا أذيب مقدار من آزوتات الامونيوم فى قدر ثقله من الماء فانه يحدث انخفاضا فى درجة حرارة المخلوط بمقدار ٢٥ درجة

وقد أسست على هذه الخاصية المخاليط المبردة المستعملة لخفض درجة حرارة الاجسام التى تغمر فيها

ومن المخاليط المبردة الاكثر استعمالا المخلوط المكون من ثلاثة أجزاء من كبريتات الصوديوم وجزء من حمض الكلوريدريك وقد تصنع أجهزة يستعمل فيها هذا المخلوط لعمل أنواع الطولدرمة التى هى جليد محضر من شراب أو لبن مذاب فيه سكر فيوضع أحد هذه السوائل فى اناء من النحاس يغمر فى وسط المخلوط السابق الذكر الى أن يتجمد

ويستعمل أيضا فى كثير من الاحوال مخلوط مكون من ملح الطعام والثلج المجروش الذى يمكن بواسطته خفض درجة الحرارة الى ـــ ٢٠ وبرودة هذا المخلوط ناتجة من كون الملح يسرع

اصطهار الجليد وبذلك فان هـذا الجسم لايجد جميع الحرارة اللازمة لسيحانه فى الهواء ويأخذ معظمها من المخلوط نفسه

(فى التشبع وفوق التشبع)

المقادير التى تذوب من الاجسام المختلفة فى الماء أوغيره من السوائل تختلف باختلاف هذه الاجسام واختلاف السائل التى تذاب فيـه وعلى العموم تكون الكمية التى تذاب من جسم صلب فى جسم سائل أعظم كلما كانت حرارة السائل أكثر ارتفاعا فاذا وضع فى مقدار معين من الماء مقـدار من ملح الطعام أومن أى جسم قابل للذوبان فى هـذا السائل فينتهى الحال بكون الجسم لايذوب منـه شئ مطلقا فيقال حينئذ ان السائل تشبع واذا أذيب جسم من الاجسام التى يزداد ذوبانها بازدياد درجة الحرارة فى ماء ساخن الى أن يتشبع و برد المحلول فترسب منـه بللورات من الجسم الذائب تكون أكثر انتظاما وعظما كلما كان التبريد ببطء وسكون

ويحصل أحيانا أن محلولا مشبـعا على الحار لا يعطى بتبريده ببطء وسكون أدنى راسب بللورى ويبقى مذابا فى السائل كمية من الجسم الصلب أكثر من الكمية التى تشبعه فى الدرجة التى برد اليها فيقال حينئذ ان المحلول فوق متشبع وهذه الظاهرة تشبه ظاهرة فوق الصهر ولاجل ترسيب الجزء الزائد من الجسم المذاب يكفى كما فعل ذلك فى الاجسام الفوق مصهورة أن يلقى فى المحـلول الفوق متشبع بللورة من جنس البللورات التى يكونها الجسم المذاب ويمكن بيان ظاهرة فوق التشبع بغاية من السهولة باستعمـال ثانى كبريتات الصوديوم

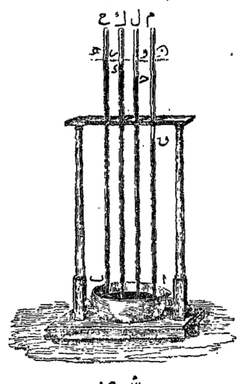
الفصـــــل الثانى

(فى التبخر والابخرة المشبعة والغير مشبعة)

(تكوين الابخرة فى الفراغ)

التبخر هو استحالة الاجسام السائلة الى أبخرة ويلزمنا قبل التكلم على الكيفيات المختلفة التى تحصل تبعا لها هذه الظاهرة أن نتكلم على الخواص العمومية للابخرة وسنبتدئ فى ذلك بالتكلم على تكوين الابخرة فى الفراغ فنقول

اذا نكست أربعة أنابيب بارومترية ح و ك و ل و م (شكل ١٩) على حوض زئبق ا ب وأدخل فى الانبوبة ك قليل من الماء بواسطة أنبوبة صغيرة ذات فرعين وفى الانبوبة ل قليل من الكؤل وفى الانبوبة م قليل من الايتير فبمجرد وصول هذه السوائل الى سطح الزئبق فى الخزانات البارومترية يرى أن الزئبق ينخفض فى الانابيب وجزء من السوائل التى ادخلت فيها يستحيل الى بخار والمقادير س د و و ح و ه ن التى ينخفض بها الزئبق فى الانابيب الثلاثة تختلف بالنسبة لكل من السوائل المستعملة فاذا فرض وأدخل فى هذه الانابيب مقدار من كل سائل بحيث يبقى منه باق فى الخزانة البارومترية وكانت الحرارة الخارجة تساوى عشر درجات مثلا يشاهد أن الزئبق ينخفض فى الانبوبة المحتوية على الماء



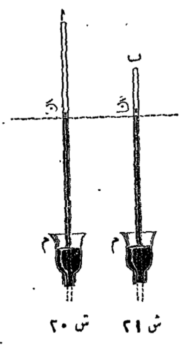
ش ١٩

بقدر تسعة ملليمترات وفى الانبوبة المحتوية على الكؤل بقدر ٢٤ ملليمترا وفى الانبوبة المحتوية على الايتير بقدر ٢٣٦ ملليمترا فهذه الانخفاضات تكون دالة على القوى المرنة للابخرة المكونة بكل من هذه السوائل كما تكون دالة على قوة مرونة أى غاز يدخل فى الخزانات البارومترية لهذه الانابيب فيمكن حينئذ أن يقال ان السوائل تولد فى الفراغ أبخرة لها قوة مرنة تشبه القوة المرنة للغازات

(الابخرة المشبعة والنهاية العظمى لقوتها المرنة والابخرة الغير مشبعة)

عندما تكون كمية السائل التى تدخل فى أحد الانابيب البارومترية السابقة الذكر كافية بحيث يبقى منها باق بعد حصول التبخر فمن الواضح أن الخزانة البارومترية تكون محتوية عندذلك على كمية البخار الممكن أن تكون محتوية عليها فى درجة الحرارة التى تصنع فيها التجربة فيقال حينئذ ان المسافة المحتوية على البخار متشبعة به والابخرة متشبعة لهذه المسافة واذا قصد زيادة القوة المرنة للابخرة المشبعة بتصغير المسافة المحتوية عليها فان هذه القوة تبقى ثابتة وجزء من البخار يستحيل الى سائل ويستعمل لاثبات ذلك البارومتر ذو الحوض العميق الذى سبق الكلام عليه فى الجزء الاول من هذا الكتاب فيدخل فى الخزانة البارومترية لانبوبة هذا البارومتر

مقدار كاف من الكؤول بحيث يبقى مقدار صغير من هذا السائل بعد أن ينخفض الزئبق في الانبوبة البارومترية بتأثير الابخرة التي تتكون الى الارتفاع م ق (شكل ٢٠) فيرى حينئذ أنه يمكن تصغير حجم البخار بخفض الانبوبة داخل الزئبق (شكل ٢١) بدون أن يتغير ارتفاع الزئبق م ق فيها .



فينتج من ذلك حينئذ أن البخار يكتسب في الحال وقت تكونه في الخزانة البارومترية نهاية عظمى لقوته المرنة لايمكن تجاوزها ونتيجة تصغير حجم المسافة المشغولة بالبخار تكون فقط احالة جزء منه الى الحالة السائلة

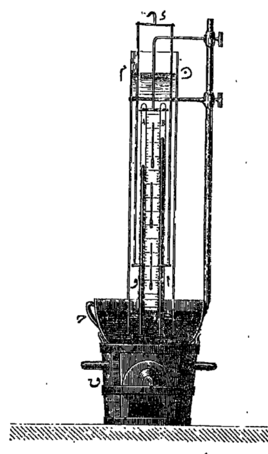
وبالعكس اذا أخرج جزء من الانبوبة البارومترية من الحوض العميق بقصد زيادة الحجم المشغول بالبخار يشاهد أيضاً أن ارتفاع الزئبق في الانبوبة البارومترية يبقى ثابتاً أعني أن القوة المرنة للبخار لاتقل بل ان كمية من الكؤول الزائد الموجود في الخزانة البارومترية تتبخر ويستمر الحال على ذلك مادام باقياً من السائل كمية لم تتبخر أعني مادامت المسافة متشبعة بالبخار

فاذا فرض الآن أنه أمكن زيادة المسافة المشغولة بالبخار الى أن يتبخر جميع السائل المحتوية عليه يشاهد عند ذلك اذا استمر في اخراج الانبوبة من الحوض العميق شيأ فشيأ أن القوة المرنة للبخار تتغير وتكون مناسبة تناسباً عكسياً للحجم الذي يعطى اليه فينتج من ذلك حينئذ أن الابخرة الغير مشبعة تكون منقادة للقانون الذي تنقاد اليه الغازات أي لقانون (ماريوت)

(الطريقة التي وضعها دالتون لتعيين النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين الصفر ودرجة مائة)

اذا أعيدت التجربة السابقة بعد تغيير درجة حرارة الوسط الذي يحيط بالانابيب البارومترية يلاحظ أن النهاية العظمى لقوة مرونة بخار كل سائل تزداد بازدياد درجة الحرارة وقد أجريت عدة تجارب لتعيين النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء في درجات الحرارة المختلفة وذلك لشدة أهميتها .

والجهاز الذى تخيله (دالتون) لذلك يتركب من بارومترين ا و و (شكل ٣٢) منكسين على طشت من الزهر ح ومحاطين باسطوانة من الزجاج م د محتوية على ماء فى وسطه ثلاثة ترمومترات معدة لتعيين درجة حرارته ويوجد أسفل الطشت ح فرن ن معد لرفع درجة حرارة ماء الاسطوانة بطريقة مستمرة ولاجل اجراء العمل بهذا الجهاز يدخل فى أحد البارومترين وليكن و مقدار كاف من الماء لجعل خزانته البارومترية مشبعة على الدوام بالبخار ثم يسخن ماء الاسطوانة مع تحريكه زمنا فزمنا بواسطة محرك يمسك من الخطاف ى فيشاهد بارتفاع درجة الحرارة أن سطح



ش ٣٢

الزئبق ينخفض شيأ فشيأ فى البارومتر و فبتعيين درجة حرارة ماء الاسطوانة فى أى لحظة تكون النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى هذه الدرجة مبينة بالفرق بين ارتفاعى الزئبق فى البارومترين

(مقادير النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى بعض درجات الحرارة)

عند استعمال جهاز (دالتون) يرى أن النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء التى تكون بجوار درجة الصفر مساوية الى أربعة ملليمترات تصير مساوية الى الضغط الجوى فى درجة مائة أعنى أن سطح الزئبق يصير فى هذه الدرجة واحدا فى الطشت والبارومتر و فينتج من ذلك حينئذ أنه لا يمكن استعمال جهاز (دالتون) لتعيين قوة مرونة بخار الماء الا بين درجتى الصفر ومائة

وقد استعملت الطبيعيون الذين أتوا بعد (دالتون) وبالاخص (رونيولت) أجهزة مخالفة للذى سبق شرحه وها هى بعض النتائج التى صار التحصل عليها

(النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين — ٣٠° و + ١٠٠°)

درجات الحرارة	القوى المرنة مبينة بالمليمتر	درجات الحرارة	القوى المرنة مبينة بالمليمتر
— ٣٠	٠٫٣٩	٤٠	٥٤٫٩١
— ٢٠	٠٫٩٣	٥٠	٩١٫٩٨
— ١٠	٢٫٠٩	٦٠	١٤٨٫٩٩
٠٠	٤٫٦٠	٧٠	٢٣٣٫٠٣
+ ١٠	٩٫١٦	٨٠	٣٣٤٫٦٤
٢٠	١٧٫٣٩	٩٠	٥٢٥٫٤٥
٣٠	٣١٫٥٨	١٠٠	٧٦٠٫٠٠

(النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء بين ١٠٠° و ٢٣٦°)

درجات الحرارة	القوى المرنة مبينة بالجو	درجات الحرارة	القوى المرنة مبينة بالجو
١٠٠	١	١٥٣	٥
١٢١	٢	١٨١	١٠
١٣٥	٣	٢١٥	٢٠
١٤٥	٤	٢٣٦	٣٠

والجدول الاول من الجدولين السابقين مستعمل لتعيين درجة رطوبة الهواء الجوى والثانى لمعرفة الارتباط اللازم أن يكون بين مقاومة قزانات الآلات البخارية ودرجات الحرارة التى يسخن اليها الماء فى هذه القزانات

تنبيه — الابخرة تكتسب فى الغازات قوة مرنة نهائية مساوية للتى تكتسبها فى الفراغ

الفصـــل الثـالث
(فى التبخير والغليان)

(الفــرق بين التبخـيـر والغليان)

التبخر الذى هو استحالة الاجسام السائلة الى بخار يمكن حصوله بكيفيتين مختلفتين احداهما تسمى تبخيرا والثانية غليانا

فالتبخير هو تكوين الابخرة ببطء وبكيفية غير محسوسة على سطح السائل

والغليان هو تكوين البخار فى باطن السائل على هيئة كرات ترتفع الى سطحه وتنفجر عليه

(التبخـيـر)

كثيرا ما يرى حصول ظاهرة التبخر فى الطبيعة فمن المعلوم مثلا أن المياه التى تسقط على سطح الاراضى الغير مسامية من أمطار أو غيرها تفقد بالكلية بعد مضى زمن كذا ان الاقمشة التى تغمر فى الماء تجف اذا عرضت للهواء ويوجد سوائل كالكؤل والايتير تتبخر بسرعة أكثر من التى يتبخر بها الماء فيقال حينئذ انها أكثر تطايرا منه

وقد ظهر لنا فيما سبق أنه اذا كانت المسافة التى تتولد فيها الابخرة محدودة سواء كانت مفرغة عن الهواء أو محتوية على غاز فان تولد البخار ينقطع متى وصلت قوته المرنة الى نهايتها العظمى أما اذا كان السائل ملامسا للهواء الجوّى فان التبخر يستمر مهما كانت درجة الحرارة الى أن يفقد السائل كلية وزيادة على ذلك فان سرعة التبخير تكون أعظم كلما كانت درجة الحرارة أكثر ارتفاعا ومما يزيد أيضا سرعة التبخير جفاف الهواء الجوّى وحركته

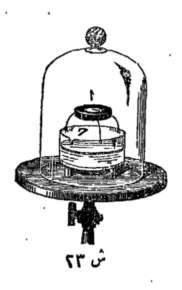
(البرودة التى تنتج عن التبخـيـر)

ان التبخير يولد على الدوام انخفاضا فى درجة الحرارة فاذا وضعت مثلا طبقة من القطن المندوف حول مستودع ترمومتر وصب عليها قليل من الايتير شوهد أنه كلما تبخر الايتير ينخفض الزئبق فى ساق الترمومتر وهذا دليل على انخفاض درجة حرارة المستودع والبرودة التى تنتج عند حصول التبخير ناشئة من كون الاجسام السائلة تمتص عند استحالتها الى الحالة البخارية مقدارا من الحرارة يسمى بالحرارة الكامنة للتبخر أى حرارة التبخر وفى التجربة السابقة

تنخفض درجة حرارة الترمومتر عنـد تبخير الايثير بسبب عدم وجود منبع حراري يولد الحرارة اللازمة لحصول التبخير فتؤخذ هـذه الحرارة حينئذ من نفس الترمومتر وبذلك تنخفض درجة حرارته

(تجـــربة ليســلى)

اذا أحدث تبخر الماء بسرعة فى وسط فيه الهواء متخلخل يشاهد أنه يمكن خفض درجة حرارته الى الدرجة التى يتجمد فيها أى الى درجة الصفر ويمكن بيان ذلك باجراء التجربة الآتية المنسوبة الى (ليسلى) وكيفية ذلك أن يؤخذ إناء من الزجاج ح (شكل ٢٣) محتو على مقدار من حمض الكبريتيك المركز ويثبت فوقه جفنة صغيرة من خشب الفللين ا مدهونة بطبقة من النيلج ومحتوية على قليل من الماء ثم يوضع جميع ذلك تحت ناقوس الآلة المفرغة ويصنع الفراغ على قدر الامكان فى هـذا الناقوس ثم يفصل بينه وبين جسمى الطلمبة فيرى بعـد برهة تكون عدسة من الثلج داخل الجفنة والغرض من وضع حمض الكبريتيك امتصاص الابخرة التى تتصاعد من الماء وبذا يرى أنه يساعد على حصول التبخر



ش ٢٣

(فى الغليــان)

اذا وضعت آنية من الزجاج محتوية على ماء فوق منبع حراري يرى فى بادئ الامر تكون كرات صغيرة جدا ترتفع من باطن السائل الى سطحه وهذه الكرات عبارة عن الهواء الذى كان ذائبا فى الماء قبل تسخينه واذا استمر فى التسخين يسمع بعد مدة من الزمن أزيز مصحوب بتكون كرات صغيرة تظهر فى قاع الاناء وتزول فى الحال واحدة بعد أخرى وهذه الكرات عبارة عن بخار يتكون فى النقط الملامسة لجدر الاناء المؤثر عليها بالحرارة مباشرة غير أن الكرات المذكورة تتكاثف وقتيا عندما تقابل طبقات السائل الاقل برودة من الاجزاء التى تكونت فيها فالحركة التى تحصل فى السائل عند تكوين هذه الكرات وتكاثفها هى التى تكون الازيز الذى سبق ذكره وأخيرا فعندما تصل درجة حرارة كتلة السائل بتمامها الى مائة يرى أن كرات البخار التى تتكون فى أسفل السائل تصير عظيمة الحجم وترتفع على سطحه لتنفجر عليه مع احداث اضطرابات عظيمة فى باطنه فيقال عندئذ ان السائل ابتدأ فى الغليان

(فى قانـــونى الغليـــان)

اذا وضع ترمومتر فى سائل يغلى يرى أن الغليان منقاد لقانونين مشابهين تشابها كليا لقانونى السيحان وهما

أولا — كل سائل يغلى فى درجة حرارة واحدة اذا كان فى شروط واحدة وهذه الدرجة تسمى درجة غليان السائل

ثانيا — متى ابتدأ السائل فى الغليان فان درجة حرارته تبقى ثابتة طول المدة التى يغلى فيها وكل من هذين القانونين يوصل الى نتائج مهمة وهى الآتية

أولا — اذا أثر على الماء بالحرارة وكان الضغط الواقع على سطحه من الجو مساويا الى الضغط المعتاد أى ضغط ٧٦٠ ملليمترا يرى أنه لا يبتدئ فى الغليان الا متى وصلت حرارته الى مائة درجة وقد تقدم لنا أن فى درجة مائة تكون النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء مساوية الى الضغط الجوى فينتج من ذلك حينئذ أن الماء يغلى فى الدرجة التى تكون فيها النهاية العظمى لقوة مرونة بخاره مساوية للضغط الواقع على سطحه وهذا القانون يعم جميع السوائل أى أن كل سائل يغلى عندما تصل حرارته الى الدرجة التى تكون فيها النهاية العظمى لقوة مرونة بخاره مساوية للضغط الواقع على سطحه من الجو وفى الواقع فانه اذا سخن أى سائل وكان سطحه ملامسا للهواء فان الضغط الذى يقع من الجو على هذا السطح ينتقل فى جميع نقط السائل وبذلك يرى أن كرات البخار لا يمكنها أن تتكون فى باطن السائل وترتفع فيه الا اذا وصلت قوتها المرنة الى الضغط الواقع عليها أى الى الضغط الجوى

ثانيا — اذا وضع اناء محتوعلى الماء فوق منبع حرارة وكان الضغط الواقع على سطح هذا السائل من الجو مساويا الى ٧٦٠ ملليمترا فى كل لحظة يشاهد أن درجة الحرارة تبقى ثابتة من ابتداء الغليان الى انتهائه فينتج من ذلك حينئذ أن الحرارة التى يولدها الينبوع الحار تكون مستعملة فقط من ابتداء الغليان الى انتهائه لاحالة الجسم المذكور من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وهذه النتيجة مشابهة للتى ذكرناها بخصوص ظاهرة السيحان والحرارة التى يمتصها الماء أو أى سائل لاحالته من الحالة السائلة الى الحالة البخارية تسمى بالحرارة الكامنة للتبخر أى حرارة التبخر كما سبق لنا ذلك

(درجات غليان بعض السوائل)

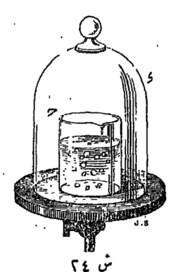
قد عينت درجات غليان السوائل عندما يكون الضغط الواقع عليها من الجو مساويا الى الضغط المعتاد أى ٧٦٠ ملليمترا وقد صار التحصل على النتائج الآتية

(جدول أسماء الاجسام ودرجات غليانها)

أسماء الاجسام	درجات غليانها	أسماء الاجسام	درجات غليانها
الاندريد كبريتوز	—٨	حمض الازوتيك المعتاد .	١٢٣
الايتير المعتاد	+٣٥٫٥	عطر الطرمنتينا	١٥٦٫٥
كبريتور الكربون . . .	٤٨	اليود	١٧٦
البروم	٦٣	الفوسفور	٢٩٠
الكؤل الصرف	٧٨٫٥	حمض الكبريتيك	٣٢٩
البنزين	٨٠	الزئبق	٣٦٠
الماء المقطر	١٠٠	الكبريت	٤٤٠
حمض الخليك المركز . . .	١٢٠	الخارصين	١٣٠٠

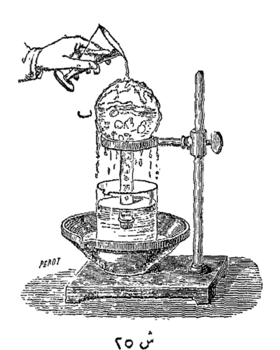
(فى غليان الماء فى درجة أقل من مائة تحت ضغط أقل من ٧٦٠ ملليمترا)

ينتج مما تقدم أنه اذا كان الضغط الواقع على سطح الماء أقل من الضغط الجوّى المعتاد فان غليانه يحصل فى درجة أقل من مائة ويثبت ذلك بوضع اناء محتو على ماء فاتر تحت ناقوس الآلة المفرغة (شكل ٢٤) ويصنع الفراغ فى هذا الناقوس بالتدريج فيشاهد بعد تحريك جسمى الطلمبة مدة يسيرة أن الماء يبتدئ فى الغليان ويحصل ذلك عند ما تنخفض قوة مرونة الهواء الذى تحت الناقوس الى النهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى الدرجة التى أخذ عليها هذا السائل واذا أبطل تحريك جسمى الطلمبة يشاهد أن الغليان ينقطع وذلك لان الابخرة المتصاعدة تزيد القوة المرنة داخل الناقوس


ش ٢٤

وقد وضع (فرانكلان) طريقة ثانية لاجراء التجربة السابقة بدون استعمال الآلة المفرغة وتحصر الطريقة المذكورة فى غلى كمية من الماء فى قبابة ذات رقبة طويلة مدة من الزمن الى أن تطرد الابخرة التى تتصاعد من هذا السائل جميع هواء القبابة ثم ترفع هذه الآنية عن النار وتسد فوهتها بسدادة من الفللين وتقلب مع وضع عنقها فى آنية محتوية على ماء كما هو مبين فى (شكل ٢٥) وذلك لمنع دخول الهواء من المسافات الممكن وجودها حول السدادة

فيشاهد فى اللحظة التى ترفع فيها القبابة عن النار انقطاع الغليان غير أنه اذا صب ماء بارد على جزئها العلوى لتكثيف الابخرة الموجودة فى هذا الجزء كى ينقص الضغط الداخلى يرى فى الحال حصول غليان شديد فى كتلة الماء الموجود فى القبابة

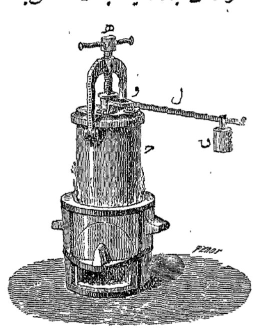


ش ٢٥

وبالعكس اذا سخن مقدار من الماء فى آنية مغلقة غلقا تاما فان الابخرة التى تتكون ببطء على سطح هذا السائل تتراكم عليه وتزيد الضغط على سطحه وبذلك لا يحصل غليانه مطلقا مهما كانت الدرجة التى يسخن اليها ويمكن مشاهدة ذلك باستعمال حلة بابين

(حـــــلة بابين)

هذه الحلة تتركب كما فى (شكل ٢٦) من إناء اسطوانى من البرونز سميك الجدران مغطى بغطاء يمكن ضغطه عليه بواسطة برمة ضغط هـ ويوجد فى هذا الغطاء فتحة صغيرة و مسدودة باسطوانة معدنية تسمى صمام الامن مضغوط عليها برافعة ل متحركة حول أحد طرفيها وطرفها الآخر حامل لثقل ن وقد انتخب هذا الثقل بحيث متى زادت قوة مرونة البخار داخل الحلة عن حد معلوم يرتفع الصمام من نفسه بتأثير ضغط البخار عليه ويخرج البخار فى الجو فعند ما يسخن ماء فى هذه الحلة بعد غلقها وضغط غطائها ببرمة الضغط هـ يرى أنه



ش ٢٦

لا يمكن احداث غليان هذا السائل مطلقا مادامت الحلة مغلقة وذلك لان البخار الذى يتصاعد

من الماء بالتدريج يولد فى كل لحظة ضغطا على سطح هذا السائل يزيد عن القوة المرنة لكرات البخار التى تميل أن تتكون فى وسطه واذا فتح الصمام أثناء التسخين برفع الرافعة عنه يشاهد فى الحال غليان السائل وخروج البخار من الحلة بكثرة مكونا الشبه نافورة يبلغ طولها بعض أمتار

(فى بيان تأثير الفقاعات الغازية التى توجد فى سائل على حصول غليانه)

اذا لاحظ انسان سائلا يغلى فى آنية من الزجاج شاهد أن فقاعات البخار تنتشر من نقط مخصوصة من جدر الآنية وقد ظهر من التجارب أن هذه النقط هى الموجود فيها فقاعات هوائية بقيت على جدر الآنية بسبب خشونته أو وجود مواد دسمة عليه تمنع السائل من الوصول اليه فكل من هذه الفقاعات الهوائية يكون شبه جو داخلى ينتشر فيه البخار الذى يتكون فيزيد حجمه شيأ فشيأ الى أن ينفصل ويرتفع فى السائل الى السطح ومع أنه عند خروج كل فقاعة يبقى بعدها فى النقطة التى خرجت منها باق من المخلوط الغازى ملتصقا بالجدر فيرى أن الفقاعات التى ترتفع فى السائل بعد الفقاعة الاولى تخرج من النقطة التى تكونت فيها هذه الفقاعة

وقد نتج من تجارب عديدة لا لزوم لذكرها هنا أن وجود هذه الفقاعات ضرورى كى يبتدئ الغليان فى الدرجة التى يمكن حصوله فيها فمثلا اذا وضع مقدار من الماء فى آنية من الزجاج مغسولة على التوالى بالايتير وحمض الكبريتيك وطرد الهواء المذاب فى هذا السائل بغليه مدة من الزمن شوهد أنه لا يغلى اذا سخن بعد ذلك الا فى درجة تزيد بكثير عن درجة مائة أما اذا وضع فيه كرة صغيرة من الزجاج محتوية على هواء فيرى ان الغليان يبتدئ ويستمر فى درجة مائة وان جميع الفقاعات البخارية تتكون فى فوهة الكرة

(فى تأثير المواد الذائبة فى سائل على درجة غليانه)

المواد الذائبة فى سائل تؤخر درجة غليانه فمثلا الماء المشبع بملح الطعام لا يغلى الا فى درجة ١٠٨ والمشبع بكلورور الكلسيوم لا يغلى الا فى درجة ١٨٠ والخ ومع ذلك فانه مهما كانت المواد الذائبة فى سائل فان درجة حرارة البخار الذى يتصاعد منه وهو على بعد معين من سطحه تكون دائما واحدة مادام الضغط الواقع عليه ثابتا وبهذا السبب يجب عند تعيين درجة مائة فى الترمومتر الزئبقى أن يكون الترمومتر المذكور مغمورا فى بخار الماء لا فى الماء نفسه

(حالة تكور السائلات)

من المعلوم لدى العموم أنه اذا صب قليل من الماء على صفيحة معدنية مسخنة الى الدرجة الحمراء فانه ينفصل الى كرات صغيرة تتدحرج على سطحها في جميع الاتجاهات وتستحيل ببطء الى الحالة البخارية بدون غليان وهذه الظاهرة التى يظهر فى بادئ الامر أنها كيفية ثالثة لاستحالة الاجسام السائلة الى الحالة البخارية تسمى بحالة تكور السائلات ويمكن الوقوف عليها بعد الوقوف على التنبيهين الآتيين

أولا - كل جسم فى حالة التكور لا يكون ملامسا للسطح الساخن ويثبت ذلك باستعمال بودقة بقاعدة ثقوب اتساعها كاف لمرور أى سائل عندما تكون باردة فاذا سخنت هذه البودقة الى الدرجة الحمراء وصب فيها قليل من الماء يشاهد أنه لا ينفذ من ثقوبها وهذا يدل على أنه لا يلامس قاعها وزيادة على ذلك فانه اذا أحدث تكور الماء على صفيحة أفقية ووضع لهب شمعة خلفها فانه يمكن مشاهدته من المسافة التى توجد بين الكرة و بين الصفيحة

ثانيا - درجة حرارة السائل الذى على حالة التكور تكون دائما أقل من درجة حرارة غليانه وقد أثبت ذلك (بوتان) على الماء وذلك أنه غمر فيه وهو على حالة التكور مستودع ترمومتر صغير فشاهد أن درجة حرارته كانت دائما أقل من مائة درجة

متى علم ذلك يمكن توضيح حالة تكور السوائل بطريقة سهلة بأن يقال حيث ان الجسم الصلب مسخن الى درجة تكون فيها قوة مرونة بخار السائل الذى يصب عليه عظيمة جدا فتتكون بينه و بين الجسم المذكور طبقة من البخار تحمل الجسم السائل وتحفظه بعيدا عنه وبناء على ذلك فان السائل المذكور لا يسخن كما اذا كان ملامسا للصفيحة مباشرة ولا يحصل التبخر الا من سطحه أما الشكل الكروى الذى يأخذه فهو ناتج من جذب جزيئاته الى بعضها

واذا برد الجسم الصلب الى درجة تكون فيها قوة مرونة البخار الذى يتكون غير قادرة على رفع السائل عن الصفيحة فان الملامسة تحصل فى الحال و يحصل غليان قوى فى السائل و يستحيل وقتيا الى الحالة البخارية

الفصل الرابع

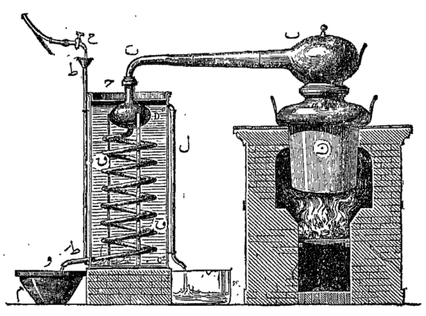
(فى سيولة الابخرة والغازات)

(فى تكاثف الابخرة والتقطير)

قد أعطى اسم أبخرة للغازات الناتجة من تبخر الاجسام التى تكون صلبة أوسائلة فى الدرجة

المعتادة ولاجل تكثيف الابخرة يكفى تمريرها فى أوان محاطة بماء بارد وقد أسس على ذلك التقطير الذى هو عملية الغرض منها فصل السوائل الطيارة من المواد الغريبة التى تكون مختلطة بها

ولاجل تقطير جزء صغير من سائل يكفى احداث غليانه فى معوجة من الزجاج يدخل طرفها المفتوح فى فوهة قبابة محاطة بماء بارد فالابخرة التى تتكون فى المعوجة تأتى الى القبابة وتتكاثف فيها اوالجهاز المستعمل لتقطير الماء فى المعامل يسمى انبيقا وهو يتركب كما فى (شكل ٢٧) من الاجزاء الآتية



ش ٢٧

أولا ــ قزان من النحاس ف يغلى فيه الماء المراد تقطيره

ثانيا ــ مستودع ح يسمى مكثفا وهو محتو على ماء بارد فى وسطه أنبوبة ق ق ملتفة على نفسها على شكل حلزون فالبخار الذى يتكون فى القزان يأتى الى الانبوبة الحلزونية بواسطة الانبوبة ب ب وبتكاثف فيها بتأثير الماء البارد الموجود حولها ثم يجئ سائلا من الفتحة و وبما أن ماء المكثف يسخن بسرعة بالنسبة للحرارة التى يتركها البخار وقت تكاثفه يكون من الضرورى تجديده بطريقة مستمرة ويتوصل الى ذلك باستقبال ماء بارد آت من حنفية ح فى أنبوبة رأسية ط طَ أحد طرفيها قمعى وطرفها الآخر ينفتح فى الجزء السفلى من المكثف فبوصول الماء البادر الى هذا الجزء يبقى الماء الساخن فوقه بما أنه أخف منه ويسيل بطريقة مستمرة من الانبوبة ل

(فى سيولة الغازات)

بعد ما استنتجت الطبيعيون أن خواص الابخرة الغير مشبعة تشبه خواص الغازات افتكر بعضهم أن الغازات ليست الا أبخرة تبعد كثيرا أو قليلا عن الدرجة التى تسيل فيها وبناء على ذلك صار اجراء عدة تجارب كان الغرض منها سيولة الغازات والطرق التى استعملت لذلك هى

أولا ــ ضغط الغاز المراد سيولته بما أن تصغير حجم الابخرة يقربها من التشبع

ثانيا ــ تبريد الغاز لان النهاية العظمى لقوة مرونة الابخرة تقل مع الحرارة

ثالثا ــ ضغط الغاز وتبريده فى آن واحد لان أحد هذين الفعلين لا يكفى لسيولة بعض الغازات وقد صار التوصل بهذه الطرق الثلاثة الى سيولة معظم الغازات بل والى تجميد بعضها ومع ذلك فانه لغاية سنة ١٨٧٧ بقيت ستة غازات منها الاوكسيجين والايدروجين والازوت غير قابلة للسيولة وسميت بالغازات الخالدة وقد توصل (كايتى) فى شهر دسمبر سنة ١٨٧٧ لسيولة هذه الغازات بحيث انه لا يوجد الآن غازات خالدة فينتج من ذلك حينئذ أنه لا يوجد فرق حقيقى بين الابخرة والغازات وجميع هذه الاخيرة تستحيل كالابخرة الى الحالة السائلة عند ضغطها وتبريدها بالكفاية

الباب الثالث

(فى الايجرومترية)

الفصل الاول

(فى درجة رطوبة الهواء أى حالته الايجرومترية)

(تعريف الحالة الايجرومترية)

ان الهواء الجوى يشتمل دائماً على كمية من بخار الماء ويثبت ذلك بعدة تجارب منها انه اذا أخذت كوبة مملوءة بالماء البارد ووضعت فى محل حار شوهد تكوّن طبقة من الندى على جدرها من الخارج فهذه الطبقة ناتجة من تكثيف بخار الماء الموجود فى الجو عند ملامسته لجدر الكوبة البارد

وعندما يكون البخار الموجود فى الجو قريباً من درجة تشبعه يكفى خفض درجة الحرارة قليلا جداً ليتكاثف مقدار منه فيقال حينئذ ان الهواء رطب

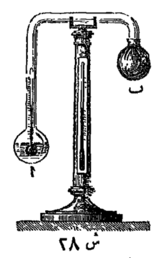
أما اذا كان البخار الجوى بعيداً جداً عن درجة تشبعه فيلزم خفض درجة الحرارة بمقدار عظيم حتى يبتدئ البخار فى التكاثف فيقال فى هذه الحالة ان الهواء جاف

فينتج من ذلك حينئذ أن درجة رطوبة الهواء لا تتعلق بقوة مرونة بخار الماء الموجود فيه بل تتعلق بالنسبة الكائنة بين هذه القوة المرنة والنهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى درجة حرارة الوسط المراد تعيين درجة رطوبته أعنى أنه اذا رمز بحرف ق لقوة مرونة بخار الماء الموجود فى الهواء وبحرف قَ للنهاية العظمى لقوة مرونة بخار الماء فى درجة حرارة الهواء تكون النسبة $\frac{ق}{قَ}$ دالة على درجة الرطوبة وقد سميت هذه النسبة بالحالة الايجرومترية للهواء وبناء على هذا التعريف تكون الحالة الايجرومترية للهواء الجاف مساوية الى الصفر والحالة الايجرومترية للهواء المشبع بالبخار مساوية الى الوحدة

وقد انشئت آلات تسمى ايجرومترات الغرض منها تعيين الحالة الايجرومترية للهواء

(فى ايجرومــــــــتر دانيل)

يتركب هذا الايجرومتر من أنبوبة من الزجاج منحنية انحنائين وطرفاها منتهيان بكــرتين ا و ب (شكل ٢٨) واحدى هاتين الكرتين ا من الزجاج الاسود ومحتوية على مقــدار من الايتير مغمور فيــه مستودع ترمومتر أما الكرة الثانية فهى من الزجاج المعتاد ومحاطة بقطعة من الشاش الرقيق



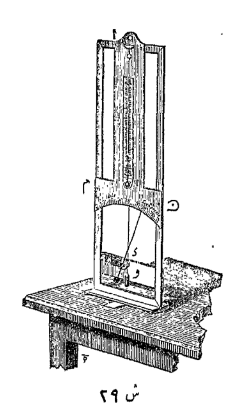
ش ٢٨

ولاجل ايجاد الحالة الايجرومترية فى لحظة معينة بواسطة هذا الجهاز يصب مقدار من الايتير نقطة فنقطة على قماش الكرة ب فتنخفض درجة حرارة هذه الكرة بسبب تبخر الايتير الذى يصب عليها وعند ذلك يتبخر ايتير الكرة ا ويتجه الى الكرة ب ليتكاثف فيها فتبرد حينئذ الكرة ا بطريقة مستمرة وبأى وقت يشاهد فيه سطح هذه الكرة ا بتدأ أن يتغطى بطبقة من الرطوبة فتقرأ فى هذه اللحظة الدرجة التى يعينها الترمومتر الداخلى فهــذه الدرجة تكون هى التى يصــير فيها البخار الموجود فى الهواء الجوى مشــبعا فاذا بحث فى جدول النهايات العظمى لقوة مرونة بخار الماء عن المقدار الذى يقابل هذه الدرجة يتحصل على القوة المرنة ن للبخار الموجود فى الهواء فيكفى حينئذ لتعيين الحالة الايجرومترية أن يبحث فى الجدول المذكور عن النهاية العظمى نَ لقوة مرونة بخار الماء فى درجة حرارة الجو ثم يقسم ن على نَ

تنبيـــــه ـ قد صار اجراء عدة تحسينات فى ايجرومتر (دانيل) المسمى أيضا بالايجرومتر المكثف وذلك لضبط النتائج التى يتوصــل اليها بواسطته غير أن استعمال هــذا الايجرومتر يحتاج فى الحقيقة لتجربة لا للمشاهدة ولذا أنه يعاض فى الاحوال التى يراد فيها تعيــين درجة رطوبة الجو على وجه التقريب بالايجرومتر الآتى المسمى بالايجرومتر ذى الشعرة

(فى الايجرومــــــــتر ذى الشــــــعرة)

ان من اخترع هذا الايجرومتر هو (سوسور) وهو يتركب كما فى (شكل ٢٩) من شعرة مجردة من المواد الدسمة تدل بتغير طولها على تغير درجة رطوبة الهواء ولبيان التغيرات التى تحصل



ش ٢٩

فى طول هـذه الشعرة تثبت من أحد طرفيها فى ممسك أ موجود فى الجزء الخلفى من اللوحة الحاملة للايجرومتر وطرفها الآخر مثبت فى أحد ميزابى بكرة ى بعد أن يلتف مرة على هـذا الميزاب ويوجد على الميزاب الثانى للبكرة خيط من الحرير ملتف عليـه وحامل اثقل و معد لجعل الشعرة موترة على الدوام ثم ان محور البكرة حامل لابرة تتحـرك أمام برواز مدرج فبازدياد رطوبة الجو يزداد طول الشعرة وتدور الابرة أمام البرواز فى اتجاه وبنقصان الرطوبة تنكمش الشـعرة وتدور الابرة فى اتجـاه مضاد للاول

(فى تدريج الايجرومتر ذى الشعرة)

لاجل تدريج هذا الايجرومتر يبتدئ بتعيين نقطتين ثابتتين وهما درجة مائة ودرجة الصفر فدرجة مائة هى النقطة التى تقف بحذائها الابرة عنـد وضع الآلة فى وسـط مشبع بالبخار ودرجة الصفر هى النقطة التى تقف بحذائها الابرة عند وضع الآلة فى آنية محتوية على طبقة من حمض الكبريتيك المركز معـدة لامتصاص رطوبة الهواء ثم تقسم المسافة التى بين هاتين النقطتين الى مائة قسم متساوية وبملاحظة ايجرومتر مصـنوع بالكيفية السابقـة يشاهد أن الدرجة التى تقف بحذائها الابرة لاتكون دالة على الحالة الايجرومترية بمعنى أنه اذا كانت الابرة موجودة بحذاء رقم ٥٠ لاتكون الحالة الايجرومترية مساوية الى نصف ولذا انه عند ما يراد استعمـال هـذا الجهاز لتعيين الحالة الايجرومترية يجب أن يكون مصحوبا بجدول مبين فيه الحالات الايجرومترية التى تقابل الدرجات المختلفة وهـاك جدولا أنشأه (غايلوساك) بخصوص أحد هذه الايجرومترات

جدول الحالات الايجرومترية التى تقابل لدرجات الايجرومتر

درجات الايجرومتر	الحالات الايجرومترية	درجات الايجرومتر	الحالات الايجرومترية
٠	٠٫٠٠٠	٦٠	٠٫٣٦٣
١٠	٠٫٠٤٦	٧٠	٠٫٤٧٢
٢٠	٠٫٠٩٤	٨٠	٠٫٦١٢
٣٠	٠٫١٤٨	٩٠	٠٫٧٩١
٤٠	٠٫٢٠٨	١٠٠	١٫٠٠٠
٥٠	٠٫٢٧٨		

تنبيــه — اذا أخذ ايجرومتران ووضعا فى محل واحد يرى أنهما لا يعينان فى أغلب الاحيان درجة واحدة وبذا يرى أنه يجب انشاء جدول مخصوص لكل آلة وزيادة على ذلك فان الجداول المذكورة لا تبقى مضبوطة على مدى الازمان وذلك لان الشعر المستعمل فى الايجرومترات يتلف متى مضت عليه مدة طويلة فينتج من ذلك حينئذ أنه لا يجب اعتبار الايجرومتر ذى الشعرة ايجرومترا ذا حساسة بل آلة بسيطة تبين بوجه التقريب درجة رطوبة الهواء بقراءة الرقم المحاذى للابرة على القوس المدرج

(مسـألة)

المعلوم الحالة الايجرومترية م للهواء فى لحظة معينة ودرجة الحرارة ح والمطلوب تعيين وزن بخار الماء الموجود فى متر مكعب من الهواء من بعد معرفة أن كثافة بخار الماء بالنسبة للهواء ٠٫٦٢٢

تقدم أن الحالة الايجرومترية م هى النسبة الكائنة بين قوة مرونة بخار الماء الموجود فى الهواء والنهاية العظمى للقوة المرنة لبخار الماء فى درجة حرارة الجو فاذا رمز لهاتين القوتين المرتبتين بحرفى ن و نَ ينتج

$$م = \frac{نَ}{ن}$$

ومن هذا القانون يمكن استخراج ن بما أن م معلومة و نَ توجد فى جداول النهايات العظمى لقوة مرونة بخار الماء ومتى علمت ن أى قوة مرونة بخار الماء الموجود فى الهواء يمكن ايجاد وزن المتر المكعب منه بفرض أنه غاز فيوجد

$$\text{ث} = ٠٫٦٢٢ \times ١٢٩٣ \times \frac{١}{١ + ٠٫٠٠٣٦٧ \times \text{ح}} \times \frac{\text{ن}}{٧٦٠}$$

وبتعويض ن بما ساواها ينتج

$$\text{ث} = ٠٫٦٢٢ \times ١٢٩٣ \times \frac{١}{١ + ٠٫٠٠٣٦٧ \times \text{ح}} \times \frac{\text{م نَ}}{٧٦٠}$$

الفصل الثانى

(فى الظواهر المائية التى تحصل فى الجوّ)

(فى تكوّن الندى)

الندى هو النقط المائية التى تظهر أثناء الليالى الصحوة على الاجسام الموجودة فى الهواء المطلق ولبيان أسباب هذه الظاهرة يقال متى غابت الشمس تحت الافق فان الارض تبتدئ فى البرودة ودرجة حرارة الاجسام التى على سطحها تنخفض عن درجة حرارة الجوّ بقدر خمس درجات أوست لان الهواء يبرد ببطء عظيم فينتج من ذلك حينئذ أنه اذا كان بخار الماء الموجود فى الجوّ قريبا من درجة تشبعه فيتأتى أن الاجسام الموجودة على سطح الارض وخصوصا التى تشعع الحرارة بسرعة تتغطى بنقط مائية من غير حصول أدنى تغير فى شفافية الجوّ

وبناء على ذلك يرى أن الندى لا يسقط من السماء كالمطر واذا كان لا يظهر تحت الاشجار وفى المحلات الغير المكشوفة فذلك ناتج من كون هذه الوقايات تمنع الاجسام التى تحتها من البرودة بسرعة

ومتى كان الهواء متمتعا بحركة بطيئة فانه يساعد على تكوّن الندى وذلك لان كل طبقة هوائية تلامس الجسم تبعد عنه ببطء بعد أن تترك جزأ من مائها ثم تعاض بغيرها تترك جزأ من مائها أيضا وهكذا أما اذا كانت حركة الهواء شديدة فانه لا يتكوّن ندى مطلقا وذلك لجملة أسباب أولها أن الطبقات الهوائية التى تأتى على الاجسام تتركها بسرعة وثانيها أن الهواء ذا الحركة الشديدة يسخن الاجسام بملامسته لها وثالثها أن التيارات الهوائية من الاسباب التى تساعد على حصول التبخر

(فى الثلج الابيض)

الثلج الابيض عبارة عن قطع صغيرة من الثلج تتكوّن على سطح الاجسام المكشوفة فى فصل الشتاء آخر الليالى الصحوة والثلج الابيض يتكوّن بالكيفية التى يتكون بها الندى بمعنى أنه عندما تكون حرارة الجوّ لاتزيد عن درجة الصفر الابدرجتين أوثلاث تكون حرارة الاجسام التى على سطح الارض أقل من درجة الصفر ويولد تكثيف البخار عليها ثلجا لانقطا مائية

(فى الضباب والسحاب)

قد أعطى اسم ضباب للظاهرة التى تشاهد عند تكاثف بخار الماء فى الجو قريبا من سطح الارض وعدم شفافية الجو التى تشاهد عند حصول هذه الظاهرة ناتجة من النقط المائية الدقيقة جدا التى تتولد من تكثيف البخار وتبقى معلقة فى الهواء بسبب خفتها

وعندما تتكون الضباب بعيدا عن سطح الارض يقال له سحاب

والسبب المولد للسحاب والضباب هو برودة كمية من الهواء قريبة من درجة تشبعها ولذا أن الضباب يتكون فى آخر ليالى الخريف أو الشتاء فى الجهات التى بجوارها مجارى مياه وكذا ان السحاب يتكون عندما ترتفع الابخرة التى تتولد فى جهة حارة رطبة الى الطبقات المرتفعة من الجو التى فيها درجة الحرارة منخفضة

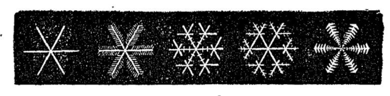
(فى المطر والثلج والبرد)

عندما يصل ثقل النقط المائية التى تكون السحاب الى حد بحيث لايمكنها أن تبقى معلقة فى الهواء تسقط جهة الارض وتكوّن مايسمى بالمطر

والثلج عبارة عن مطر متجمد يسقط فى البلاد الباردة عندما تكون درجة الحرارة فيها أقل من الصفر والثلج مكون من ندف بيضاء مركبة من ابر صغيرة من الثلج مجتمعة مع بعضها بحيث انها تكوّن عادة أشكالا لها ستة فروع كل منها يكون غالبا مزدانا بفروع أصغر منه فى الطول ومماثلة لبعضها فى الوضع كما هو مبين فى (شكل ٣٠) وقد شوهد أن عدد هذه التفرعات يكون أعظم كلما كان الهواء الجوى أكثر سكونا

أما البرد فهو عبارة عن كرات من الثلج مختلفة الحجم تسقط أحيانا فى بلادنا عندما يكون الهواء الجوى فى حالة حركة شديدة والبرد يتكون كالثلج فى الاجزاء المرتفعة من الجو التى فيها

درجة الحرارة أقل من الصفر واذا قطعت احدى الكرات المكونة للبرد بستو ماربمركزها يرى أنها مكونة من جزء معتم محاط بطبقات شفافة من الثلج وقد استنتج من هذا التركيب أن البرد ناتج من كون ندف الثلج الصغيرة التى تكون السحب تجتمع أولا بتأثير حركة الهواء الى كرات صغيرة تتغطى تدريجا بطبقات من الثلج ناشئة من تكاثف بخار الماء على سطحها ثم تجمده



ش ٣٠

الباب الرابع

(فى الآلات البخارية)

(فى بيان أنه يمكن استعمال البخار لتوليد الحركة)

اذا نظرنا فى جدول النهايات العظمى لقوة مرونة بخار الماء المبين فى صحيفة ٣٥ وجدنا أن النهايات المذكورة تزداد بقدر عظيمة بازدياد درجة الحرارة فنرى مثلا أن القوة المرنة التى تكون مساوية لجو فى درجة مائة تصل الى جوين فى درجة ١٢١ والى عشرة جوات فى درجة ١٨٠ وحيث انه تقدم فى الجزء الاول من هذا الكتاب أن ضغط الجو على ديسيمتر مربع يعادل مائة كيلوجرام يرى أن الضغط الذى يحدثه البخار الناتج من تسخين الماء الى ١٨٠° فى مسافة مغلقة يكون على كل ديسيمتر مربع مساويا الى حاصل ضرب عشرة فى مائة أى ألف كيلوجرام وقد صار استعمال هذا الضغط القوى لتحريك أجزاء آلات مخصوصة تسمى بالآلات البخارية

الفصل الاول

(فى وصف الآلات البخارية)

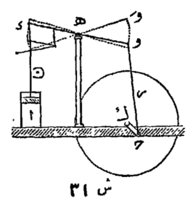
(فى تعريف الآلات البخارية)

الآلات البخارية هى آلات تستعمل فيها قوة مرونة بخار الماء فى الدرجات المختلفة للحرارة لاحداث حركة ذهاب واياب فى مكبس تنتقل حركته الى أجزاء الآلة
وسنذكر فى هذا الفصل وصف احدى هذه الآلات المسماة فى الصناعة بآلة وات

(فى نظرية آلة وات)

بعد أن يتكون البخار فى اسطوانة تسمى قزانا يأتى بواسطة أنبوبة الى اسطوانة ا فيها مكبس يتحرك داخلها كما هو مبين فى (شكل ٣١) فاذا فرضنا أن البخار يأتى على التعاقب فى الاسطوانة أعلى المكبس وأسفله وأنه فى اللحظة التى يأتى فيها أعلاه تكون المسافة الموجودة أسفله متصلة بالجو وبالعكس يرى أن قوة مرونة بخار الماء تحدث فى المكبس على التوالى حركات من أعلى الى أسفل ومن أسفل الى أعلى ولاجل نقل هذه الحركات الى الاجزاء المراد تحريكها يثبت فى المكبس ساق د ينزلق باحتكاك لطيف فى علبة من الجلد مصنوعة

فى الجزء العلوى من الاسطوانة وبتصل برافعة د هـ و متحركة حول نقطة هـ فحركة الذهاب والاياب التى تحصل فى المكبس من تأثير البخار عليه تجعل طرف الرافعة و يرسم قوسا و وَ مرات متتالية فى اتجاهين متضادين وبما أن نقطة و مرتبطة بذراع ر يتصل بطرف يد ح كـ ينتج أن اليد المذكورة تدور بطريقة مستمرة حول محورها كـ وتدير معها اسطوانة تسمى محور الدوران تمر عليها السيور التى تنقل الحركة الى جميع الاجزاء المراد تحريكها



ش ٣١

وأخيرا فمحور الدوران حامل لعجلة عظيمة الجسم من الظهر الغرض منها امنع زيادة الحركة أو نقصها فجأة عند حصول أى تغير فى القوة المراد مقاومتها

(فى استعمال المكثف)

قد فرضنا فيما سبق أنه فى اللحظة التى يأتى فيها البخار من القزان بواسطة الانبوبة ب الى الجزء السفلى د من الاسطوانة (شكل ٣٢) يخرج البخار الموجود فى جزئها العلوى ح الى الجو بواسطة الانبوبة بَ فاذا فرض عند ذلك أن ضغط البخار فى القزان مساو الى ثلاثة جوات فعند ما يكون هذا الضغط مؤثرا على السطح السفلى من المكبس يكون الضغط الجوى مؤثرا على سطحه العلوى وتكون النتيجة عبارة عن قوة مساوية الى جوين مؤثرة من أسفل الى أعلى

ش ٣٢

فينتج من ذلك حينئذ أنه اذا ترك البخار يخرج فى الجو يؤثر الضغط الجوى على أحد سطحى المكبس ويضعف القوة الناتجة من تأثير البخار على الوجه الآخر ويمكن محو هذا الضعف تقريبا بتمامه باستعمال المكثف المنسوب الى (وات)

والمكثف عبارة عن غلاف مغلق ومفرغ منه الهواء ينقذف داخله بطريقة مستمرة نافورة من الماء البارد فعند ما يأتى بخار القزان الى الاسطوانة من الانبوبة ب توصل الانبوبة بَ بالمكثف لا بالجو فاذا فرض وكانت الحرارة فى هذا المكثف مساوية الى ٤٥° فان القوة المرنة داخله تكون مساوية الى عشر جو تقريبا وبهذه الصفة يتجه البخار الذى يوجد فى المسافة ح الى المكثف ويسيل فيه الى أن تصير قوته المرنة مساوية الى عشر جو أيضا وهذا السيولة تحصل بسرعة عظيمة بحيث يمكن أن يقال ان القوة المرنة تصير فى الجزء ح مساوية الى عشر جو من

اللحظة التى يحصل فيها الاتصال بينه وبين المكثف ومن ذلك ينتج أنه اذا كانت قوة مرونة البخار فى القزان مساوية الى ثلاثة جوات تكون القوة الفعالة عند استعمال مكثف درجة حرارته ٤٠° مساوية الى جوين وتسعة أعشار لا الى جوين فقط كما يحصل ذلك فى الحالة التى لا يستعمل فيها المكثف

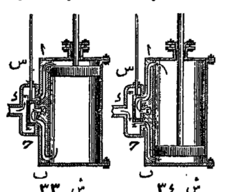
والآلة البخارية هى التى تشغل الطلمبة المعدة لادخال الماء البارد فى المكثف وهناك طلمبة ثانية مشغلة بالآلة نفسها ومعدة لاخراج هذا الماء كلما صار ساخنا . وتجديد ماء المكثف بهذه الصفة ضرورى لانه عند تكثيف الابخرة فيه تترك حرارتها الكامنة أى الحرارة التى امتصتها وقت تكونها

(فى استعمال الانتشار)

اذا بقيت الاسطوانة متصلة بالقزان طول المدة التى يتحرك فيها المكبس كما فرضنا ذلك فيما سبق ينتج أنه فى كل حركة من حركات المكبس يخرج الى الخارج كمية من البخار حجمها مساو لحجم الاسطوانة وقوتها المرنة مساوية للقوة المرنة داخل القزان وقد خطر ببال (وات) أن يمنع مجىء البخار الى الاسطوانة قبل أن تنتهى حركة المكبس فاستمرار المكبس فى الحركة يولد حينئذ زيادة فى حجم البخار وتبعا لذلك نقصا فى قوته المرنة الا أنه اذا كانت الزيادة التى تحصل فى الحجم صغيرة فان النقص الذى يحصل فى القوة المرنة يكون ضعيفا وتبقى هذه القوة كافية لاستمرار حركة المكبس ويمكن أن نقول انه باستعمال هذه الطريقة أى طريقة الانتشار يحصل على وفر عظيم ولنفرض مثلا أن قوة مرونة البخار داخل القزان مساوية الى جوين وفى كل حركة من حركات المكبس يترك البخار يأتى الى الاسطوانة أثناء المدة التى يتحرك فيها الى منتصفها فعلى هذا يكون مقدار البخار الذى يصرف لتحريك المكبس عددا معينا من المرات مساويا لنصف المقدار الذى يصرف اذا كان البخار يأتى الى الاسطوانة طول المدة التى يتحرك فيها المكبس ومن جهة أخرى اذا تأملنا نجد أن القوة المتحصلة عند ذلك تكون أكثر من النصف وذلك لان قوة مرونة البخار المساوية الى جوين تكون مؤثرة بتمامها على المكبس أثناء النصف الاول من حركته وبهذه الصفة يحصل على نصف التأثير الذى يحصل عليه بدون استعمال طريقة الانتشار وزيادة على ذلك فانه أثناء النصف الثانى من الحركة يكون المكبس مؤثرا عليه بدون فقد ببخار بقوة متغيرة من جوين الى جو فهذه القوة تكون هى الفائدة المكتسبة من استعمال طريقة الانتشار ومعظم الآلات البخارية المستعملة الآن ذات انتشار ودرجات الانتشار المستعملة بكثرة هى $\frac{1}{5}$ و $\frac{1}{10}$ أعنى أنه يترك البخار يأتى الى الاسطوانة الى أن يصل المكبس الى خمسها أو عشرها ويوجد آلات درجة الانتشار فيها مساوية الى $\frac{1}{25}$ بل الى $\frac{1}{50}$

(فى كيفية تفريق البخار والدرج)

لاجل أن يحصل فى المكبس حركات ذهاب واياب يلزم توجيه البخار فى الاسطوانة بحيث يضغط بالتوالى على سطحى المكبس واليك بيان الطريقة التى يتوصل بها الى ذلك باستعمال الدرج بعد أن يتكون البخار فى القزان يأتى بواسطة القناة ى الى علبة البخار ى ح المثبتة على الجدر الجانبى للاسطوانة (شكل ٣٣) ويوجد داخل هذه العلبة على جدر الاسطوانة ثلاث فتحات a و b و k احداها a توصل للجزء العلوى من الاسطوانة بقناة a ا والثانية b توصل لجزئها السفلى بقناة b ب والثالثة k توصل بالخارج أو بالمكثف ويوجد فى علبة البخار أيضا



قطعة متحركة mn تشبه الدرج وتسمى بهذا الاسم وهى تنطبق بالضبط على جدار الاسطوانة بحيث تغطى فتحتين من الثلاث فتحات السابقة الذكر فعندما يصل المكبس الى الجزء العلوى من الاسطوانة يكون الدرج شاغلا للوضع المبين فى (شكل ٣٣) فيمر حينئذ البخار الآتى من القزان من القناة a ا ويصل الى الجزء العلوى للاسطوانة أما البخار الموجود أسفل المكبس فانه يخرج من القناة b ب ثم من الفتحة k الى الجو أو الى المكثف فيتحرك حينئذ المكبس من أعلى الى أسفل وعندما يصل الى الجزء السفلى من الاسطوانة يجذب الساق س الدرج ويجعله شاغلا للوضع المبين فى (شكل ٣٤) فيمر حينئذ البخار من القناة b ب الى الجزء السفلى من الاسطوانة والبخار الموجود فوق المكبس يخرج من القناة a ا والفتحة k الى الخارج أو الى المكثف فيتحرك حينئذ المكبس من أسفل الى أعلى وهكذا

(فى الآلات ذات الضغط المنخفض والآلات ذات الضغط المتوسط والآلات ذات الضغط المرتفع)

الآلات البخارية على ثلاثة أنواع تختلف على حسب قوة مرونة البخار الذى يحركها وهى

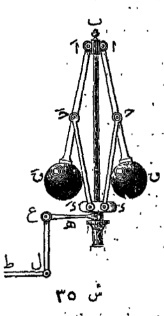
أولا الآلات ذات الضغط المنخفض وهى التى لا تزيد قوة مرونة البخار الذى يحركها عن جو ونصف واستعمال المكثف فى هذه الآلات ضرورى حتى يكون تأثير البخار على المكبس كافيا لتحريكه

ثانيا الا لات ذات الضغط المتوسط وهى التى تتغير قوة مرونة البخار الذى يحركها من ثلاثة جوات الى خمسة

ثالثا الآلات ذات الضغط المرتفع وهى التى تزيد قوة مرونة البخار الذى يحركها عن خمسة جوات ويستحسن فى هذه الآلات عدم وجود مكثف لانه بهذه الصفة يتوصل الى الانتفاع بالقوة التى تفقد فى حالة استعماله لتحريك الطلمبتين

(فى المنظم ذى القوة المركزية الطاردة)

المنظم ذو القوة المركزية الطاردة جهاز الغرض منه منع زيادة الحركة أو نقصها عند حصول زيادة أو نقص مستمرين فى المقاومة وهو يتركب كما هو مبين فى (شكل ٣٥) من كرتين ثقيلتين ن و نَ مثبتين فى ساقين معدنيين متصلين اتصالا مفصليا فى نقطتى ا و اَ بطرف ساق رأسى يدور حول محوره مع الآلة بواسطة سير س سَ وعجلتين مسننتين ى (شكل ٣٦) فينتج من ذلك حينئذ أنه اذا زادت حركة الدوران يزيد بعد الكرتين ن و نَ عن المحور ويرفعان بواسطة الساقين ح ى و حَ ىَ حلقة ى ىَ تنزلق حول الساق الرأسى وحيث ان الحلقة المذكورة مثبتة فى أحد ذراعى رافعة زاوية هـ ع ل يرى أن الذراع الآخر من هذه الرافعة يجذب الساق ل ط فيميل كما هو مبين فى (شكل ٣٦) أن يغلق فتحة ا موجودة فى الانبوبة الآتى منها البخار الى الاسطوانة وبذا تنقص حركة الآلة وبالعكس اذا صارت الحركة بطيئة جدا فان ثقل الكرتين يقربهما من الساق الرأسى فتنخفض الحلقة ى ىَ وتنفتح الفتحة ا زيادة عما كانت عليه ويكثر مجيء البخار فى الاسطوانة وبذا تزيد الحركة



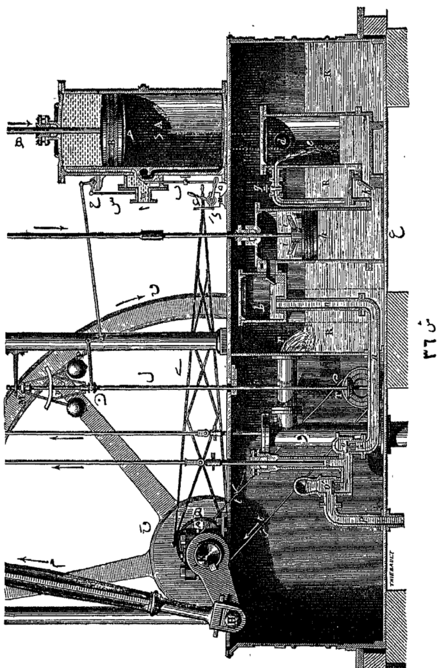
ش ٣٥

(فى الطلمبات المستعملة فى آلة وات)

يستعمل فى آلة (وات) ثلاث طلمبات مبينة فى (شكل ٣٦) احداها و معدة لادخال الماء البارد فى المكثف والثانية ع معدة لإخراج هذا الماء من المكثف كلما صار ساخنا والثالثة m معدة لادخال جزء من الماء الساخن الذى يخرج من المكثف فى القزان ليحل محل الماء الذى يتبخر وسيقان هذه الطلمبات الثلاثة مثبتة فى الرافعة بحيث ان الآلة هى التى تشغلها

(فى حركة الدرج والاكسنتريك)

لاجل تحريك الدرج بحيث يمكن تفريق البخار بالتعاقب أعلى المكبس وأسفله تستعمل عدة طرق منها استعمال الاكسنتريك المستدير



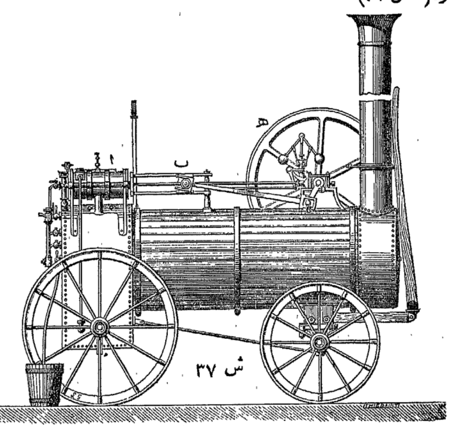
شكل ٣٦

وكيفية ذلك أن يوصل كما هو مبين فى (شكل ٣٦) الساق ب المثبت فى الدرج ايصالا مفصليا بأحد ذراعى رافعة زاوية ه د ع يتصل ذراعها الآخر ايصالا مفصليا أيضا بمثلث ح مكون من سيقان معدنية ومنتهٍ بحلقة هـ تحيط بقرص مستدير م مثبت على محور الدوران ومركزه خارج هذا المحور فينتج من ذلك حينئذ أنه فى كل دورة من دورات المحور تجذب

الحلقة هـ نقطة ع جهة اليمين ثم تدفعها جهة اليسار فتنتقل هذه الحركات بواسطة الرافعة
ه د ع الى الساق ب فيرفع حينئذ الدرج ثم يخفضه ومن ذلك يرى أنه يقابل كل حركة
ذهاب واياب فى المكبس حركة ذهاب واياب فى الدرج ولذا يكفى وضع الدرج فى بادئ الامر
بحيث يكون سادا للفتحة السفلى عندما يكون المكبس فى الجزء العلوى من الاسطوانة وهو
يستمر فى الحركة من نفسه مع الآلة ويوزع البخار بالطريقة اللازمة

(فى أنواع الآلات البخارية)

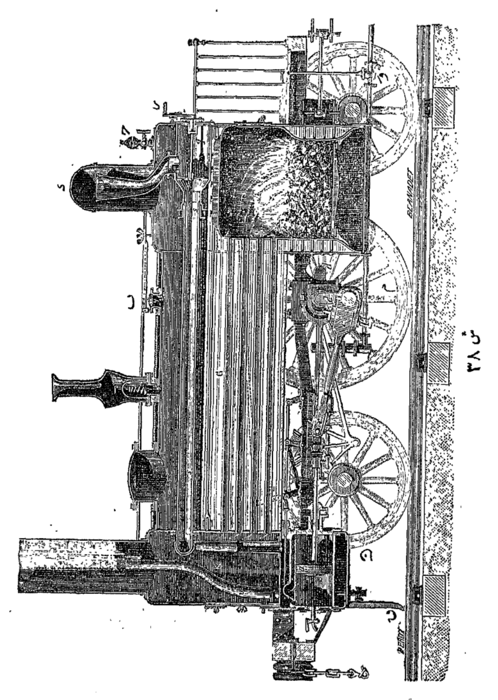
قد رأينا أنه يستعمل لنقل الحركة فى آلة (وات) المبينة فى (شكل ٣٦) رافعة وذراع ويد
وحيث ان الآلة المذكورة ثمينة وحجمها عظيم فتعوض فى معظم الاحوال بآلات أبسط منها
تحذف منها الرافعة ويوصل الساق المثبت فى مكبسها بالذراع مباشرة وأحيانا باليد التى تدير
المحور (شكل ٣٧)



ش ٣٧

وتقسم جميع الآلات البخارية المستعملة الآن الى قسمين ثابتة ومتحركة ويعرف من الآلات
الثابتة نوعان منها ما هى مثبتة فى أماكن مبنية وتعمل عملها وهى فى موضعها ومنها ما هى محمولة
على عجلات كالمبينة فى (شكل ٣٧) ويمكن نقلها بواسطة الخيول الى الموضع المراد اجراء عملها فيه
وهذه الآلات الاخيرة تسمى لوكوموبيلات وهى منتشرة جدا عند الزراعين لرى الاراضى

والآلات المتحركة على نوعين أيضا أولهما الوابورات المستعملة فى السكك الحديدية وثانيهما
الوابورات البحرية وفى النوع الاول من هذه الآلات تدير الاذرعة العجلات الحاملة للوابور
فيتحرك حينئذ فى اتجاه أو فى الآخر حسب الاتجاه الذى تدور فيه هذه العجلات (شكل ٣٨)

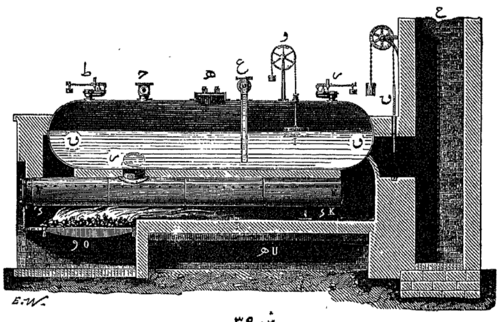


وفى النوع الثانى تدير الاذرعة طارتان مثبتتان على جانبى المركب بمحيط كل منهما مكون من
عوارض مسطحة من الحديد فبدوران هاتين الطارتين تضغط العوارض على الماء كالمجازيف
وتدفع المركب فى اتجاه مضاد للاتجاه الذى تدور فيه

الفصـــــل الثـانى

(فى القزانات المستعملة فى الآلات البخارية)

القزانات هى الاجهزة المعدة لتوليد بخار الماء المستعمل لتحريك الآلات البخارية وهى على نوعين النوع الاوّل قزانات مركبـة كماهو مبـين فى (شكلى ٣٩ و ٤٠) من اسـطوانة كبيرة ں يوجد أسفلها اسطوانتان ى و ا أصغر منهما متصلتان بها بواسطة أنبوبتين رأسيتين ح و م ويملأ الماء الاسطوانتين ى و ا وجزأ من الاسـطوانة ں كماهو مبين فى الشكلين السابق الذكر



ش ٣٩

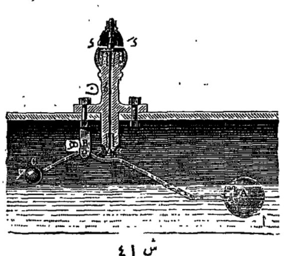
ولاجل زيادة السطح الواقع عليه التسخين مباشرة تقسم الفرن الى طبقتين بحاجز أفقى من البناء يصنع فى المستوى المار بمحورى الاسـطوانتين ى و ا ثم تقسم الطبقـة العليا بحاجز رأسى الى شـبه دهليزين متصلين ببعضهما من الجزء المقدم فبهذه الصـفة يمر اللهب والغازات التى تتكوّن فى البورة فى الطبقة السفلى من الامام الى الخلف ثم تعود من الخلف الى الامام فى أحد منفذى الطبقة العليا ثم ترجع ثانيا من المنفذ الآخر وبعد ذلك تخرج من المدخنـــة

ش ٤٠

(فى الاجهزة المعدة لبيان سطح الماء داخل القزان)

من الضرورى عدم انخفاض الماء فى القزان أسفل النقط المؤثر عليها باللهب مباشرة وذلك لانه اذا كان جزء من القزان ملامسا للنار من الخارج وليس ملامسا للماء من الداخل فانه يصل بسرعة الى الدرجة الحمراء فاذا أدخل حينئذ ماء جديد فى القزان يتولد فجأة مقدار عظيم من البخار يمكن أن يكون سببا فى تمزيقه فينتج من ذلك حينئذ أنه يجب استعمال طريقة منها يعلم سطح الماء فى القزان

وأبسط الطرق المستعملة لذلك هى استعمال أنبوبة من البلور يوصل أحد طرفيها بالجزء السفلى من القزان وطرفها الآخر بجزئه العلوى فسطح الماء فى هذه الانبوبة يكون دالا على سطحه فى القزان ويستعمل أيضا فى كثير من الاحوال صفارة (شكل ٤١) تنبه من نفسها المكلف بملاحظة القزان عندما يكون غير ملتفت الى اللحظة اللازم ادخال ماء فيها فما دام سطح الماء مرتفعا فى القزان للكفاية فان هذا السائل يضغط من أسفل الى أعلى على كرة خفيفة ا مثبتة فى طرف رافعة اهح فينتقل حينئذ هذا الضغط كما هو مبين فى الشكل الى سدادة



ش ٤١

صغيرة و ويجعلها سادة لفتحة أنبوبة ى مثبتة على جدر القزان أما اذا انخفض سطح الماء زيادة عن اللزوم فان العوامة ا تنخفض وتجذب معها ذراع الرافعة اهـ فتنفتح حينئذ الانبوبة ى وتخرج منها نافورة من البخار تمزق عندما تقابل الناقوس دَدَ وتولد صوتا مادام سطح الماء منخفضا

(فى صمام الامن والمانومترات)

صمام الامن جهاز معد لاخراج بخار الماء من القزان عندما تصل قوته المرنة لحد لا يمكن القزان تحمله وصمامات الامن المستعملة تشبه كلية صمام الامن الذى سبق شرحه فى حله بابين

أما المانومترات فهى الاجهزة المستعملة لتعيين القوة المرنة داخل القزان وقد صار شرح هذه الاجهزة فى الجزء الاول من هذا الكتاب والمستعمل منها على الاخص فى الآلات البخارية هو المانومتر المعدنى

(فى القزانات الانبوبيـة)

الغرض من هذه القزانات زيادة السطح الواقع عليه التسخين مباشرة بحيث يمكن توليد كمية عظيمة من البخار فى زمن يسير و (شكل ٣٨) يبين قطاع قزان من هذا القبيل فيرى من هذا الشكل أن الفرن فى الجزء الخلفى من القزان وأن اللهب وجميع الغازات الساخنة التى تتولد فى النار تنفذ من أنابيب أفقية عددها يصل أحيانا الى ١٥٠ تخترق القزان من طرف الى آخر ومحاطة بالماء من جميع جهاتها

(الحصان البخارى)

الوحدة المصطلح عليها البيان قوة الآلات البخارية تسمى بالحصان البخارى فيقال ان قوة آلة تساوى حصانا اذا كانت قادرة على رفع خمسة وسبعين كيلوجراما بمقدار متر فى الثانية الواحدة واذا قيل ان قوة الآلة البخارية تساوى عشرة خيول مثلا فهذا يدل أنها قادرة على رفع ٧٥٠ كيلوجراما بمقدار متر فى الثانية الواحدة

الباب الخامس

(فى الحرارة النوعية والحرارة الكامنة)

يبحث فى هذا الباب عن تعيين مقادير الحرارة التى تولد تغيرا محدودا فى درجة حرارة الاجسام أو تغيرا فى حالتها

وقد انتخبت وحدة لمقادير الحرارة سميت سعرا وهى كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء من درجة الصفر الى درجة واحد

تنبيه — قد ظهر من التجربة أنه اذا خلط كيلوجرام من الماء فى درجة الصفر بكيلوجرام آخر درجة حرارته ٢ يتحصل على مخلوط درجة حرارته ١ وحيث ان كمية الحرارة التى يمتصها أحد الكيلوجرامين تكون مساوية للكمية التى يفقدها الآخر ينتج أنه لتسخين كيلوجرام من الماء من درجة ١ الى درجة ٢ يلزم كمية من الحرارة تساوى سعرا كذا اذا خلط كيلوجرام من الماء فى درجة الصفر بكيلوجرام آخر فى درجة ٤ يتحصل على مخلوط درجة حرارته ٢ وهذا يدل على أنه لتسخين كيلوجرام من الماء من درجة ٢ الى درجة ٤ يلزم سعران وبالاستمرار فى العمل بهذه الصفة يستنتج أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة تكون دائما واحدة مهما كانت درجة حرارته الاصلية مادامت درجة الحرارة المذكورة أقل من مائة

وبناء على ذلك يرى أنه يمكن تعريف السعر بكمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من الماء من درجة n الى درجة $n + 1$

الفصل الاول

(فى الحرارة النوعية)

(تعريف الحرارة النوعية)

قد ظهر من التجربة أن مقادير الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة أثقال متساوية من الاجسام المختلفة بكمية واحدة لا تكون واحدة فمثلا اذا غمر كيلوجرام من النحاس درجة حرارته مائة فى كيلوجرام من الماء درجة حرارته صفر يرى أن درجة حرارة المخلوط تصير تسعة تقريبا وهذا يدل على أن كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلوجرام من النحاس من درجة ٩ الى درجة مائة

أى بمقدار احدى وتسعين درجة تساوى تسعة أسعار بمعنى أن كمية الحرارة التى تلزم لرفع حرارة كيلوجرام من النحاس درجة واحدة تساوى تقريبا عشر الكمية التى تلزم لرفع حرارة كيلوجرام من الماء درجة واحدة أى عشر سعر وبناء على ذلك وضع التعريف الآتى للحرارة النوعية للاجسام

الحرارة النوعية لجسم هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام منه درجة واحدة

(فى تعيين الحرارة النوعية للاجسام بطريقة الخلط)

لاجل ذلك يسخن ثقل ن من الجسم المراد تعيين حرارته النوعية الى درجة حرارة معينة ح ثم يغمر فى كمية من الماء ثقلها $\text{ن}'$ ودرجة حرارتها $\text{ح}'$ وبعد ذلك تعين درجة الحرارة النهائية د الذى يصل اليها المخلوط فهذه المعاليم الخمسة تكفى لحل المسئلة لاننا اذا رمزنا بحرف س للحرارة النوعية للجسم تكون كمية الحرارة التى فقدها أثناء برودته من درجة ح الى درجة د هى

$$\text{ن} \times \text{س} (\text{ح} - \text{د})$$

وحيث ان درجة حرارة الماء ارتفعت من $\text{ح}'$ الى د تكون كمية الحرارة التى امتصها هى

$$\text{ن}' (\text{د} - \text{ح}')$$

وبما أن الحرارة التى فقدها الجسم هى الحرارة التى امتصها الماء ينتج

$$\text{ن} \times \text{س} (\text{ح} - \text{د}) = \text{ن}' (\text{د} - \text{ح}') \qquad (١)$$

ومن هذه المعادلة يستخرج

$$\text{س} = \frac{\text{ن}' (\text{د} - \text{ح}')}{\text{ن} (\text{ح} - \text{د})}$$

غير أنه اذا اقتصر على ذلك تكون النتيجة غير مضبوطة وذلك لاننا فرضنا فيما سبق أن جميع الحرارة التى يتركها الجسم يمتصها الماء ومع ذلك فان جزأ منها يمتصه اناء النحاس الاصفر المحتوى على هذا السائل فاذا رمز بحرف ط لثقل هذا الاناء وبحرف ك لحرارته النوعية بفرض أنها معلومة تكون كمية الحرارة التى يمتصها هى

$$\text{ط} \times \text{ك} (\text{د} - \text{ح}') \qquad (٢)$$

ومن جهة أخرى اذا كان الجسم المصنوعة عليه التجربة مكونا من قطع صغيرة فيوضع فى غلاف رقيق الجدر فاذا رمز بحرف $\text{ط}'$ لثقل هذا الغلاف وبحرف $\text{ك}'$ لحرارته النوعية تكون كمية الحرارة التى يتركها الى الماء والاناء هى

$$\text{ط}' \times \text{ك}' (\text{ح} - \text{د}) \qquad (٣)$$

فيجب حينئذ اضافة الحد ٢ الى الطرف الثانى من المعادلة ١ والحد ٣ الى الطرف الاول من هذه المعادلة وبذلك يحصل على المعادلة الآتية

(ن × س + ط´ × ك´´) (ر — د) = (ن´ + ط × ك´) (د — ر´)

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار س

واناء النحاس الذى يوضع فيه السائل يسمى كالوريمترا وهو رقيق الجدران ومحمول على فتلتين من الحرير كى لا يسرى شئ من حرارته الى الارض والجدول الآتى يشتمل على الحرارة النوعية للاجسام المهمة

أسماء الاجسام	حرارتها النوعية	أسماء الاجسام	حرارتها النوعية
الالماس	٠٫٢٤٦٨٠	الطهر الابيض	٠٫١٢٩٨٩
الانتيمون	٠٫٠٥٠٧٧	عطر الطرمنتينا	٠٫٤٢٥٩٣
البزموت	٠٫٠٣٠٨٤	فحم الخشب	٠٫٢٤١٥٠
البلومباجين..........	٠٫٢١٨٠٠	القصدير..........	٠٫٠٥٦٢٣
الحديد	٠٫١١٣٧٩	الكبريت	٠٫٢٠٢٥٩
الخارصين..........	٠٫٠٩٥٥٥	الكوبلت..........	٠٫١٠٧٩٦
الذهب	٠٫٠٣٢٤٤	الماء	١٫٠٠٠٠٠
الرصاص	٠٫٠٣١٤٠	النحاس المطروق على البارد	٠٫٠٩٣٥٠
الزجاج	٠٫١٩٧٦٨	النحاس المصطهر......	٠٫٠٩٤٧٠
الزرنيخ	٠٫٠٨١٤٠	النحاس الاصفر	٠٫٠٩٣٩١
الزئبق	٠٫٠٣٣٣٢	النيكل..........	٠٫١٠٨٦٣
الصلب	٠٫١١٨٤٨	اليود..........	٠٫٠٥٤١٢

وبالتأمل فى هذا الجدول يرى أن الحرارة النوعية لجميع الاجسام أقل من الوحدة أى أقل من الحرارة النوعية للماء بمعنى أن الماء يحتاج لمقدار من الحرارة أكثر من الذى يحتاج اليه أى جسم لرفع درجة حرارته بمقدار معين ومن ذلك ينتج أنه اذا فرضت أثقال متساوية من أجسام مختلفة مسخنة بينبوع حرارى واحد فان درجة حرارة الماء ترتفع ببطء عن درجة حرارة

الاجسام الاخر وبالعكس اذا فرضت أثقال متساوية من أجسام مختلفة مسخنة الى درجة حرارة واحدة وموضوعة فى محل بارد فان درجة حرارة الماء تنخفض ببطء عنها وبهذا السبب ترتفع درجة حرارة البحار ببطء عن درجة حرارة الاراضى أثناء الصيف وتنخفض ببطء عنها أيضا أثناء الشتاء

الفصـــــل الثـانى

(فى الحرارة الكامنـــة)

(حرارة الصهر)

الحرارة الكامنة لصهر جسم هى كمية الحرارة التى يمتصها كيلوجرام من هذا الجسم ليستحيل من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة بحيث لا تتغير درجة حرارته فمثلا الحرارة الكامنة لصهر الجليد هى كمية الحرارة اللازمة لاحالة كيلوجرام من الثلج فى درجة الصفر الى كيلوجرام من الماء فى درجة الصفر

(فى تعيين الحرارة الكامنة لصهر الجليد)

لاجل تعيين الحرارة الكامنة لصهر الجليد يمكن استعمال طريقة الخلط وكيفية ذلك أن يؤخذ كالوريمتر محتو على ثقل معين ن من الماء درجة حرارته م تزيد قليلا عن درجة حرارة الجو ويغمر فيه قطعة من الثلج فى درجة الصفر ثم يحرك السائل ليسيح الثلج بسرعة وبعد ذلك تعين درجة حرارة المخلوط النهائية د أما ثقل الثلج نَ فيعين أخيرا بوزن المخلوط بتمامه وطرح ثقل الماء الاصلى منه

فبواسطة هذه المعاليم يمكن تعيين مقدار حرارة صهر الجليد وذلك بوضع معادلة يبين فيها أن كمية الحرارة التى تستعمل لسيحان الجليد ثم لرفع حرارته من الصفر الى درجة د تساوى كمية الحرارة التى يتركها الماء والكالوريمتر فاذا رمز بحرف س لحرارة صهر الجليد تكون كمية الحرارة التى امتصها ليستحيل من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة هى نَ س وكمية الحرارة التى امتصها لترتفع حرارته من الصفر الى درجة د هى نَ د

وحيث ان درجة حرارة الماء والكالوريمتر انخفضت من م الى د تكون كمية الحرارة التى تركها الماء هى ن (م — د) وكمية الحرارة التى تركها الكالوريمتر هى ط × ك (م — د) بفرض أن ط ثقل الكالوريمتر و ك حرارته النوعية

فبناء على ماسبق يكون

نَ × س + نَ × ذ = (ن + ط × كَ) (م — ذ)

ومن هذه المعادلة يستخرج مقدار س

وباجراء العمل بهذه الطريقة استنتج أن الحرارة الكامنة لصهر الجليد هى ٧٩٫٢٥ أعنى أنه يلزم لاحالة كيلوجرام من الثلج من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة كمية من الحرارة مساوية الى ٧٩٫٢٥ سعرا

(فى الحرارة الكامنة للتبخر)

الحرارة الكامنة لتبخر جسم فى درجة حرارة معينة هى كمية الحرارة التى يمتصها كيلوجرام من هذا الجسم وهو فى هذه الدرجة ليستحيل الى أبخرة مشبعة فمثلا الحرارة الكامنة لتبخر الماء فى درجة مائة هى كميـة الحرارة اللازمة لاحالة كيلوجرام من الماء مسخن الى درجة مائة الى أبخرة مشبعة فى درجة مائة

وقد صار تعيين الحرارة الكامنة لتبخر الماء فى درجة مائة بتجربة لا لزوم لذكرها هنا فوجد أنه يساوى ٥٣٧ سعرا

الباب السادس

(فى الارتباط بين الشغل والحرارة)

(فى بيان أن ظهور الحرارة يصحبه فقد فى الشغل وبالعكس)

لاجل بيان الارتباط الواقع بين ظواهر الحركة وظواهر الحرارة يؤخذ كرتان متحدا الثقل احداهما من العاج أى تامة المرونة والثانية من الرصاص أى عديمة المرونة ويسقطان على التوالى من ارتفاع واحد على سطح متين من الرخام فيشاهد أن الكرة الاولى عند مصادمتها لهذا السطح ترتد عليه ثانيا وترتفع تقريبا الى الارتفاع الذى أسقطت منه أما الكرة الثانية فانها تقف بالكلية عن الصعود واذا عينت درجة حرارة هاتين الكرتين بعد هذه التجربة يشاهد أن حرارة كرة العاج تبقى على ما كانت عليه أما حرارة كرة الرصاص فانها تزداد عن حرارتها قبل السقوط وهذا الازدياد ناشئ من كون القوة التى تكتسبها أثناء سقوطها التى تكون قادرة على ردها الى الوضع الذى أسقطت منه استحالت فيها الى حرارة بخلاف الحالة الاولى فان هذه القوة ظهرت وردت كرة العاج الى الوضع الذى كانت فيه قبل سقوطها

ويمكن مشاهدة هذه الظاهرة أى ارتفاع درجة الحرارة فى جميع الاحوال التى يكون فيها جسم متمتعا بحركة ثم يعاق فى سيره بمانع يوقف حركته أو يبطئها فمثلا اذا قابل الرصاص المنقذف من البنادق سطحا متينا فانه لايرتد الا بمقدار ضعيف الا أن حرارته ترتفع الى الدرجة الحمراء

وحيث ان احتكاك الاجسام ببعضها ينشأ عنه بطء فى حركتها ينتج أن الاحتكاك يولد أيضا ارتفاعا فى درجة الحرارة فمثلا اذا كان محور دوران عجلة عربة غير مدهون بالشحم أثناء سيرها فان احتكاك العجلة فى هذا المحور يولد حرارة عظيمة ربما تكون سببا فى حرق العجلة ومن المعلوم أيضا لدى العموم أنه يتوصل لالهاب العيدان الكبريتية بحك قطع الفوسفور المكونة لاطرافها على سطح به خشونة

وهناك أمثلة كثيرة من هذا القبيل منها أن قطع الحديد الجارى بردها تسخن ومنها أن الانسان اذا أراد تسخين يديه فى فصل الشتاء يكفى دلكهما ببعضهما و الخ

وقد ظهر من التجارب أيضا أنه لايمكن التحصل على شغل الا بفقد مقابل له إمّا فى الحرارة أو فى شئ آخر وقد رأينا أمثلة من هذا القبيل عند التكلم على ظاهرة الصهر وظاهرة التبخر وقد شوهد أيضا ذلك الفقد عند تطبيق هذه النظرية على الآلات البخارية

وقد أجرت الطبيعيون عدة تجارب لتعيين مقدار الشغل الذى يقابل فقدا معينا فى الحرارة وبالعكس فتحصلت على النتيجتين الآتيتين

أولا — كل فقد من الحرارة يساوى سعرا ينتج عنه شغل يساوى ٤٢٥ كيلوجرام متر

ثانيا — كل فقد فى الشغل يساوى كيلوجرام متر ينتج عنه ارتفاع فى الحرارة يقابل $\frac{١}{٤٢٥}$ من السعر والكيلوجرام متر هو القوة اللازمة لرفع كيلوجرام بقدر متر فى الثانية الواحدة

الباب السابع

(فى انتقال الحرارة والحرارة الارضية)

تنتقل الحرارة من نقطة الى أخرى بكيفيتين الاولى ببطء ومن جزء الى آخر فى خلال الجسم الذى تنتقل فيه ويقال لهذا الانتقال توصيل والثانية بسرعة عظيمة جدا مخترقة للوسط الفاصل للنقطتين من غير تسخينه ويقال لهذا الانتقال تشعع

الفصل الاول

(فى قابلية توصيل الاجسام للحرارة)

(فى اختلاف قابلية توصيل الاجسام الصلبة للحرارة)

من المعلوم أن الحرارة تنتقل فى أجزاء الاجسام الصلبة غير أن هذا الانتقال لا يحصل فيها بدرجة واحدة فمنها ما تنتقل فيها بسهولة وتسمى بالاجسام الجيدة التوصيل للحرارة وذلك كالفضة والنحاس وجميع المعادن ومنها ماهى بخلاف ذلك وتسمى بالاجسام الرديئة التوصيل للحرارة وذلك كالزجاج والخشب

والدليل على أن الحرارة تنتقل فى المعادن بسهولة أنه اذا وضع طرف دوس فى لهب شمعة يسخن طرفه الآخر بسرعة حتى انه لا يتيسر مسكه بين الاصابع بعد برهة بخلاف الاجسام الاخر كالخشب مثلا فانه يكون ملتهبا من أحد طرفيه وطرفه الآخر باق على حرارته الاصلية تقريبا

(فى مقارنة توصيل الاجسام الصلبة للحرارة)

لاجل مقارنة قابلية توصيل الاجسام الصلبة للحرارة يستعمل جهازا نجهونز المبين فى (شكل ٤٢) وهو عبارة عن صندوق صغير مستطيل من النحاس الاصفر مثبت على أحد أوجهه سيقان من مواد مختلفة (فضه ونحاس وحديد ونحاس أصفر وخارصين وزجاج وخشب و الخ)

ش ٤٢

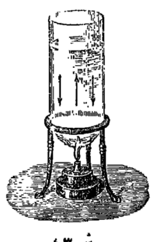
ولاجراء العمل بهذا الجهاز يؤخذ شمع أبيض ويسيح وتغمر فيه السيقان السابقة الذكر ثم تنزع فتتكون عليها بالتبريد طبقة من الشمع ثخنها واحد على جميعها

فاذا صب حينئذ ماء مغلى فى الصندوق تنتقل حرارة هذا السائل الى السيقان ويشاهد سيحان الشمع ابتداء من سطح الصندوق فالساق الذى يسيح من فوقه شمع أكثر تكون قابليته للتوصيل أعظم وقد شوهد أن الفضة هى أعظم الاجسام الصلبة فى توصيل الحرارة ويليها النحاس ثم الذهب والنحاس الاصفر والخارصين والقصدير والحديد والصلب والرصاص والبلاتين والبزموت والزجاج والرخام والصينى والفحم والخشب

ومن هذا الترتيب يشاهد أن الخشب هو أقل الاجسام توصيلا للحرارة ولذا تصنع منه أيدى لا لات الحديد المعدة للدخول فى النار

(التيارات التى تتولد فى سائل أو غاز مسخن من جزئه السفلى)

اذا سخن سائل من أسفله كما يصنع ذلك عادة فى المنازل فان الطبقات التى يقع عليها تأثير الحرارة مباشرة تتمدد وبناء على ذلك تقل كثافتها وترتفع الى الجزء العلوى من السائل ثم تعاض بطبقات أخرى تسخن أيضا ثم ترتفع وهكذا فيتولد حينئذ فى باطن السائل تيارات صاعدة ساخنة وتيارات نازلة باردة ويمكن مشاهدة هذه التيارات بتجربة سهلة وذلك بوضع كمية من الماء محتوية على قليل من نشارة الخشب فى آنية من الزجاج ويسخن عليها من جزئها السفلى (شكل ٤٣) فيرى أن قطع الخشب الصغيرة ترتفع مع التيارات الساخنة فى الجزء المتوسط من الاناء ثم تنخفض ثانيا مع التيارات الباردة بجوار الجدر



ش ٤٣

وبما أن قابلية الغازات للتمدد تزيد عن قابلية الاجسام السائلة له يرى أن التيارات السابقة الذكر تتولد أيضا فى الغازات اذا سخنت من جزئها السفلى فمثلا اذا كانت أودة محتوية على منبع حرارة فان الهواء الذى يسخن من ملامسة هذا المنبع يرتفع الى الجزء العلوى من الاودة ويعاض بهواء بارد يسخن ويرتفع أيضا وهكذا . وكذا عند ما يسخن سطح الارض من تأثير الاشعة الشمسية فان طبقات الهواء المجاورة له ترتفع وتعاض بهواء بارد يأتى من الجهات المجاورة يسخن ويرتفع أيضا وهكذا . وهذا أحد الاسباب التى تنتج عنها الرياح على سطح الارض كما يظهر لنا ذلك فيما سيأتى

(فى قابلية توصيل الاجسام السائلة والغازية للحرارة)

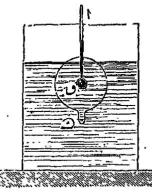
بناء على ماسبق يرى أنه اذا أريد معرفة قابلية توصيل الاجسام السائلة للحرارة يجب تسخينها مع منع تولد هذه التيارات فى باطنها كى لاتلامس أجزاؤها المختلفة على التعاقب الجزء المؤثر عليه بالحرارة مباشرة ويمكن الوصول الى ذلك بتسخينها من جزئها العلوى فيشاهد حينئذ أن السائلات رديئة التوصيل للحرارة فاذا أخذت مثلا أنبوبة من الزجاج مملوءة بالماء و بقاعها ترمومتر صغير وأميل طرفها العلوى قليلا على لهب مصباح كؤل يرى أن السائل يغلى من جزئه العلوى مع بقاء حرارة جزئه السفلى على ماهى عليه تقريبا

أما قابلية توصيل الاجسام الغازية للحرارة فهى أقل من قابلية توصيل الاجسام السائلة لها. فاذا كان الهواء فى حالة سكون كلى فانه يمنع مرور الحرارة كلية وبهذا السبب تستعمل الملابس التى من الصوف والتى بها وبر أثناء الشتاء وذلك لان الفتل المنسوجة منها هذه الاقشة تحفظ بين بعضها طبقة من الهواء تمنع حرارة الجسم من الضياع فى الخارج واذا وضعت هذه الاقشة حول أجسام درجة حرارتها أقل من درجة حرارة الهواء الجوى فانها تحفظها أيضا من السخونة وبهذه الصفة يحفظ الثلج أثناء الصيف مدة طويلة اذا كان محاطا بقطعة من منسوج الصوف

الفصل الثانى

(فى تشعع الحرارة)

قدذكرنا أن تشعع الحرارة هو انتقالها من جسم الى آخر بسرعة عظيمة مخترقة للوسط الفاصل لهما من غير تسخينه وحيث ان حرارة الشمس تصل الينا بعد أن تخترق الفراغ المطلق الفاصل بينها وبين الارض ينتج أن الحرارة التشععية تنتقل فى الفراغ ويمكن اثبات ذلك أيضا بخصوص الحرارة التى تنتشر من الاجسام الغير مضيئة باجراء تجربة (رومفور) وكيفية ذلك أن تغمر قبابة من الزجاج ت مفرغ منها الهواء وداخلها ترمومترا مستودعه ق يشغل مركزها فى ماء ساخن (شكل ٤٤) فيشاهد ارتفاع الزيبق فى ساق الترمومتر بسرعة. وهذا يثبت أن حرارة الماء سرت فى الفراغ حيث ان الزجاج لايوصل الحرارة جيدا حتى يقال ان الحرارة انتقلت فيه الى مستودع الترمومتر



ش ٤٤

والحرارة المنشعة تخترق أيضا بعض الاجسام من غير تسخينها فقد شاهد مثلا أحد الطبيعيين المدعو (بريفو) أن الحرارة التى تنتشر من كرة معدنية مسخنة الى الدرجة الحمراء تصل الى ترمومتر بعد أن تخترق كتلة من المياه ساقطة بينها وبينه

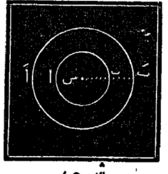
(فى انتشار الحرارة والاشعة الحرارية)

الحرارة المنشعة تسرى من نقطة الى أخرى تبعا المستقيم الواصل بين هاتين النقطتين وبيانه أنه اذا وضع ترمومتر أمام منبع حرارة ووضع على المستقيم الواصل بينهما حجاب صغير شوهد أن حرارة الترمومتر تبقى ثابتة واذا رفع الحجاب يشاهد ارتفاع حرارة الترمومتر فى الحال وحيث ان الحرارة تنبعث من الاجسام الحارة فى جميع الجهات ينتج أن كل مستقيم مبتدأ من نقطة أيا كانت من جسم حار يكون دالا على اتجاه أحد الاشعة الحرارية المنتشرة من هذه النقطة

(فى مقارنة مقادير الحرارة التى تقع على جسم من ينبوع حرارى موضوع على أبعاد مختلفة منه)

كمية الحرارة التى تقع على سطح واحد من ينبوع حرارى موضوع على أبعاد مختلفة منه تكون مناسبة لعكس مربعات أبعاده عن ذلك السطح ويحقق ذلك بالاثبات الآتى

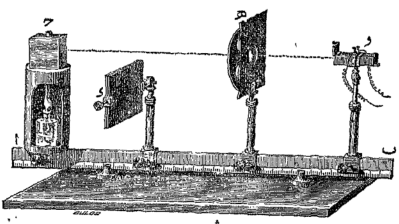
اذا فرض جسم حار صغير س داخل كرة نصف قطرها س ب (شكل ٤٥) يساوى مترا فيقع على سطحها الداخل كل الاشعة الحرارية المنتشرة من هذا الجسم فاذا عوضت تلك الكرة بكرة أخرى نصف قطرها س بَ يساوى مترين وقع على سطحها كل الاشعة المنتشرة من الجسم الحار وبما أن سطح الكرة الثانية أكبر من سطح الكرة الاولى أربع مرات تكون كمية الحرارة التى تقع على وحدة السطوح منها أقل من كمية الحرارة التى تقع على وحدة السطوح فى الكرة الاولى أربع مرات واذا عوضت الكرة الثانية بأخرى نصف قطرها ثلاثة أمتار يرى أن كمية الحرارة التى تقع على وحدة السطوح فى هذه الحالة تكون أقل من كمية الحرارة التى تقع عليها فى الحالة الاولى تسع مرات أعنى ان كمية الحرارة التى تقع على سطح واحد صغير تكون مناسبة لعكس مربع بعده عن الينبوع الحرارى



ش ٤٥

(فى جهاز مللونى)

وضعت الطبيعيون عدة طرق للبحث عن القوانين التى تنقاد اليها الحرارة المتشععة ولنذكرهنا أكثر هذه الطرق استعمالا وهى طريقة (مللونى) والجهاز المستعمل لتعيين درجة الحرارة فى آلة (مللونى) هو عمود ترموكهربائى ذو حساسة عظيمة مكون من قطع معدنية ملتحمة ببعضها فيوضع هذا العمود المبين فى و (شكل ٤٦) على حامل ينزلق على مسطرة معدنية أ ب مقسمة الى سنتيمترات ويوجد على هذه المسطرة عدة حوامل أخرى تنزلق عليها أيضا وحاملة اما الينابيع الحرارية المعدة لعمل التجارب واما لحواجز معدة لايقاف بعض الاشعة التى تنتشر من هذه الينابيع



ش ٤٦

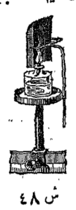
وينابيع الحرارة التى كان يستعملها (مللونى) هى

أولا - منبعان مظلمان أحدهما صندوق معدنى مملوء ماء مسخنا الى درجة مائة وثلاثة من أوجهه مغطاة بمواد مختلفة كالفحم الحيوانى والابيض الزحلى (شكل ٤٧) وثانيهما صفيحة من النحاس تسخن الى درجة ربعمائة تقريبا بواسطة مصباح كؤلى موضوع خلفها (شكل ٤٨)

ثانيا - منبعان مضيئان أحدهما سلك من البلاتين مسخن الى الدرجة الحمراء بواسطة مصباح كؤلى (شكل ٤٩) وثانيهما مصباح زيتى يسمى مصباح لوكاتلى (شكل ٥٠)



ش ٤٧



ش ٤٨



ش ٤٩ ش ٥٠

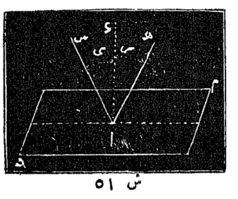
(فى قـــــوة الابعـاث)

قوة الحرارة التى تنبعث من جسم حار تتعلق بشيئين وهما درجة حرارته والمادة المصنوع منها ويثبت ذلك باستعمال جهاز (مللونى) وذلك بوضع المكعب المعدنى ح كما هو مبين فى (شكل ٤٦) على أحد الحوامل التى تنزلق على المسطرة أ ب ويوضع على حاملين آخرين حاجزان هـ و ى أحدهما هـ به ثقب معدّ لتحديد الاشعة الحرارية التى تنبعث من الجسم الحار الى الترمومتر وثانيهما ى يصلح لايقاف هذه الحزمة عند الارادة فاذا سخن ماء الصندوق الى الغليان وأدير وجهه المغطى بالفحم الحيوانى تجاه العمود الترموكهربائى وخفض الحاجز ى يشاهد فى الحال أن الترمومتر المذكور يدل على ارتفاع فى درجة الحرارة فاذا رفع حينئذ الحاجز ى وترك الترمومتر الى أن يعود الى الحالة العادية وغير وجه الصندوق الموجه اليه وخفض الحاجز ى ثانيا يشاهد أن الترمومتر يعين حرارة مخالفة للتى عينها أول مرة وبتغيير الوجه مرة ثالثة يشاهد تغير مقدار الحرارة المنبعثة وهكذا وبتكرير هذه التجربة بتغطية أوجه الصندوق باجسام مختلفة شوهد أن الفحم الحيوانى هو أكثر الاجسام الصلبة ابعاثا للحرارة . وقد عرفت القوة الباعثة لجسم بالنسبة الكائنة بين كمية الحرارة التى يبعثها هذا الجسم الى كمية الحرارة التى تنبعث من الفحم الحيوانى عندما تكون درجة حرارته مساوية الى درجة حرارة الجسم المذكور

وقد ظهر من التجارب أن القوة الباعثة للابيض الزحلى تقرب من الوحدة أما باقى الاجسام فان قوتها الباعثة أقل من ذلك والقوة الباعثة للمعادن ضعيفة جدا وتنقص بازدياد صقل سطحها فمثلا القوة الباعثة للفضة المصقولة تساوى فقط ٠,٠٢٥ ولذا توضع السوائل المراد حفظها حارة كالشاى وغيره فى أوان مصقولة من الفضة

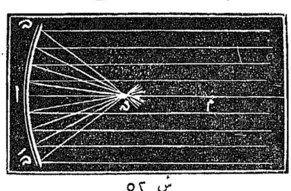
(فى انعكاس الحرارة المتشععة وقوة الانعكاس)

اذا سقط شعاع حار هـ ا (شكل ٥١) على سطح مصقول كسطح مرآة مستوية م ن فانه ينعكس عليه ويأخذ اتجاها آخر ا س فى المستوى المار بالشعاع الساقط هـ ا والعمود ا ى المقام من النقطة ا على السطح م ن بحيث تكون الزاوية ى ا س المسماة زاوية الانعكاس مساوية للزاوية هـ ا ى المسماة زاوية السقوط وبهذه الكيفية اذا استقبلت



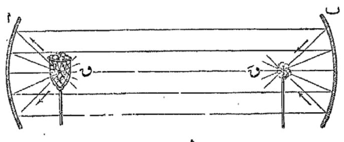
ش ٥١

الاشعة الشمسية على مرآة كروية مقعرة د دَ (شكل ٥٢) فانها تجتمع بعد أن تنعكس على سطحها فى نقطة واحدة ن تسمى بورة المرآة



ش ٥٢

والدليل على اجتماع الاشعة الحرارية المنعكسة فى نقطة واحدة أنه اذا أخذ جسم قابل للاحتراق كقطعة من الصوفان وحرك أمام المرآة يشاهد وضع تحترق فيه و بهذا السبب أطلقت الاقدمون على هذه المرايات اسم مرايات محرقة ويمكن اجراء التجربة السابقة بكيفية أخرى وهى أن يؤخذ مرآتان مقعرتان ا و ب (شكل ٥٣) ويوضعان أمام بعضهما على بعد ثلاثة أمتار أو أربعة بحيث تكون بورتاهما على خط أفقى واحد ثم يوضع فى بورة احداهما ن جسم حار كفحم متقد وفى بورة الثانية جسم قابل للاشتعال كقطعة من الصوفان فبذلك تنعكس الاشعة الحرارية التى تسقط على المرآة ا من الجمر على سطح هذه المرآة وتسقط على المرآة ب موازية لبعضها فتجتمع حينئذ بعد أن تنعكس عليها فى بورتها نَ وتشعل قطعة الصوفان الموجودة فى هذه البورة



ش ٥٣

والحرارة التى تسقط على سطح الاجسام المصقولة لا تنعكس بتمامها مهما كان صقل هذه الاجسام وقد أعطى اسم قوة عاكسة لسطح معين للنسبة الكائنة بين كمية الحرارة التى يعكسها وكمية الحرارة التى تسقط عليه واذا وضعت فى جهاز (ملاونى) صفائح مصقولة من معادن مختلفة ووضع عمود (ملاونى) على مسطرة يمكن تعيين القوة العاكسة لهذه المعادن ويمكن بهذه الطريقة أيضا تعيين مقادير الحرارة التى تعكسها صفيحة واحدة بتغيير زوايا سقوط الاشعة الحرارية عليها فيشاهد أن مقادير الحرارة التى تنعكس على سطح الاجسام المعتمة تتغير قليلا مع زوايا السقوط أما الاجسام الشفافة كالزجاج والبللور الصخرى فيشاهد أن كمية الحرارة التى تنعكس عليها تزداد كثيرا مع زوايا السقوط

وأخيرا فالاشعة الحرارية التى تسقط على الاجسام الغير مصقولة كالورق والخشب لا تنعكس فى اتجاه معين كما يحصل ذلك عند استعمال الاجسام المصقولة بل انها تنعكس فى جميع الجهات وقد سمى هذا الانعكاس بالانعكاس الغير منتظم

(القـــوة الدياترمانيـــة)

قد ذكرنا فيما سبق أن الحرارة تنفذ من بعض الاجسام كما أن الضوء ينفذ من الاجسام الشفافة وقد سميت تلك الاجسام أى التى تنفذ منها الحرارة بالاجسام الدياترمانيـة أما الاجسام التى توقف الحرارة فى سيرها فقد أطلق عليها اسم أجسام آترمانية

ولاجل معرفة درجة شفافية الاجسام المختلفة للحرارة تصنع منها صفائح رقيقة توضع على حامل فى جهاز مللونى (شكل ٥٤) بين المنبع الحار والعمود الترموكهربائى فالتغير الذى يشاهد فى حرارة العمود المذكور يكون دالا على كمية الحرارة التى مرت من الصفيحة ثم ترفع الصفيحة المذكورة وتستقبل الاشعة الحرارية الآتية من الجسم الحار مباشرة على العمود السابق الذكر وتعين كمية الحرارة التى تسقط عليه فالنسبة الكائنة بين العدد الاول والعدد الثانى أى بين كمية الحرارة التى تنفذ من الصفيحة والتى تسقط عليها تسمى بالقوة الدياترمانية لهذا الجسم وقد ظهر من التجارب أن القوة الدياترمانية لجسم تتغير مع المنبع الحار فمثلا اذا أخذ أحد الينابيع الحارة المظلمة السابقة الذكر يشاهد أنه لا ينفذ من الحرارة التى تنتشر منه من لوحة من الزجاج أو من البللور الصخرى الا مقدار غير محسوس فينتج من ذلك حينئذ أن القوة الدياترمانية لهذين الجسمين ضعيفة جدا بالنسبة للاشعة الحرارية المظلمة أما اذا أخذ منبع حرارى مضىء كمصباح (لوكاتلى) مثلا يشاهد أن كمية الحرارة التى تنفذ من احدى المادتين السابقتين عظيمة جدا بالنسبة لكمية الحرارة التى تسقط عليه فينتج من ذلك حينئذ أن الزجاج والبللور الصخرى لا يوقفان من الحرارة التى تسقط عليهما الا الاشعة المظلمة أما الاشعة المضيئة فعظمها ينفذ منها

ش ٥٤

وأخيرا فتوجد أجسام دياترمانية بالنسبة لجميع الاشعة الحرارية سواء كانت مضيئة أو غير مضيئة وذلك كملح الطعام

(الامتصاص وقوة الامتصاص)

الحرارة التى يمتصها جسم هى الجزء الذى يبقى فيه من الاشعة التى تسقط عليه

وقوة امتصاص جسم بالنسبة لينبوع حرارى معين هى النسبة الكائنة بين كمية الحرارة التى يمتصها وكمية الحرارة التى تسقط عليه من الينبوع الحرارى

وقد ظهر من التجربة أنه اذا استقبلت حزمة من الاشعة الحرارية على طبقة من الفحم الحيوانى فانه لا يردّ ولا ينفذ منها شيأ وهذا دليل على أن الفحم الحيوانى يمتص جميع الاشعة الحرارية التى تسقط عليه أى ان قوته الماصة تساوى الوحدة أما الاجسام الاخر فلها قوة ماصة أقل من الوحدة ويمكن تعيين هذه القوة على الاخص بالنسبة للاجسام الآترمانية ذات الاسطح المصقولة أى التى لا تعكس الاشعة الحرارية الا بانتظام وذلك لانه اذا علمت كمية الحرارة التى تسقط على أحد هذه الاجسام وعينت كمية الحرارة التى يعكسها فكمية الحرارة التى يمتصها تكون عبارة عن الفرق بين هاتين الكميتين أعنى أنه اذا علمت القوة العاكسة لمعدن يمكن ايجاد قوته الماصة بدون اجراء تجربة وذلك بطرح القوة العاكسة للجسم المذكور من الوحدة

(فى بيان أن قوة امتصاص جسم تساوى قوة ابعاثه بالنسبة لينبوع حرارى واحد)

اذا قورنت القوة الماصة لجسم بقوته الباعثة بالنسبة لينبوع حرارى واحد يشاهد أنهما متساويتان فمثلا القوة الباعثة للفحم الحيوانى تساوى الوحدة وقوته الماصة تساوى الوحدة أيضا ومن ذلك ينتج أنه لا لزوم لتعيين القوة الماصة للاجسام المعلومة قوتها الباعثة

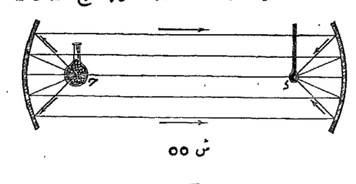
(فى توازن الحــــــرارة)

اذا وجد جسمان بالقرب من بعضهما وكان أحدهما أحرّ من الآخر فان الجسم الحار يبعث جزأ من حرارته الى الجسم البارد الى أن تصير درجة حرارتهما واحدة وذلك كما اذا وضعت قطعة من حديد ساخن فى وسط الهواء فانها تشعع حرارتها شيأ فشيأ الى أن تصير درجة حرارتها مساوية لدرجة حرارة الهواء الذى يحيط بها

(الانعكاس الظاهرى للبرودة)

اذا وضع فى احدى بورتى المرآتين المقعرتين المبينتين فى (شكل ٥٥) قبابة ح مملوءة بالثلج ووضع فى بورة المرآة الاخرى مستودع ترمومتر حساس ء يشاهد فى الحال انخفاض درجة حرارة الترمومتر المذكور وهذا الانخفاض ليس ناشئا عن أشعة باردة أتت اليه من القبابة

بعد الانعكاس على المرآتين كما هو ظاهر التجربة بل ان الترمومتر لزيادة حرارته عن الثلج يبعث أشعة حرارية تنعكس على المرآتين ثم تأتى الى القبابة وتذيب الثلج الموجود فيها



ش ٥٥

الفصـــــل الثـالث

(فى توزيع الحرارة على سطح الكرة الارضـية)

(فى ذكر الاسباب التى تؤثر على اختلاف الحرارة فى النقط المختلفة من سطح الارض)

ان الاســباب المؤثرة على اختلاف الحرارة فى النقط المختلفة من سطح الارض عديدة وأغلبها مرتبط بالقواعد التى تكلمنا عليها فى هذا الجزء

وأهم الاسباب المذكورة هى

أولا كمية الحرارة التى تأتى من الشمس الى النقط المختلفة من سطح الارض تختلف باختلاف المحلات

ثانيا القوة الماصة للمياه المكونة للبحار تختلف عن القوة الماصة للاجسام الصلبة المكونة للاراضى القارة ومن ذلك ينتج أنه لو فرض وكانت كمية الحرارة التى تأتى من الشمس الى النقط المختلفة من سطح الارض واحدة تكون مقادير الحرارة التى تمتصها مختلفة

ثالثا الحرارة النوعية للماء أقل من الحرارة النوعية للاجسام الاخر ومن ذلك ينتج أنه لو فرض وكانت قوة امتصاص الماء مساوية لقوة امتصاص الاجسام الصلبة فان هذه الاخيرة تسخن عن مياه البحار اذا كانت كميــة الحرارة التى تأتى الى النقط المختلفة من سطح الارض واحدة

رابعا الحركة التى تنشأ فى الهواء الجوى من تغيـير الضـغط فى نقطه المختلفة سبب قوى أيضا فى اختلاف الحرارة فى النقط المختلفة من سطح الكرة الارضية

(فى الحـــــرارة المتوســـــطة)

درجة الحرارة المتوسطة ليوم فى محل معين هى متوسط درجات الحرارة التى تشاهد فى هذا المحل بعد كل ساعة من نصف الليل الى نصف الليل التالى له

ودرجة الحرارة المتوسطة لشهر هى متوسط درجات الحرارة المتوسطة لأيامه

ودرجة الحرارة المتوسطة لسنة هى متوسط درجات الحرارة المتوسطة لأشهرها

ودرجة الحرارة المتوسطة لبلدة معينة هى متوسط الحرارة المتوسطة لعدة سنين متتالية فى هذه البلدة وقد ظهر من التجربة أنه لايجاد درجة الحرارة المتوسطة لمحل بالضبط يلزم أخذ متوسط عشر سنين متتالية على الاقل

(فى الخطوط ذات الحرارة الواحدة)

لاجل بيان توزيع الحرارة على سطح الارض يرسم على سطح الكرة الأرضية أو على سطح خرط مخصوصة ثلاثة خطوط أحدها يمر بالنقط التى درجة الحرارة المتوســطة فيها واحدة والثانى يجمع النقط التى درجة الحرارة المتوسطة فيها الفصل الشتاء واحدة والثالث يجمع النقط التى درجة الحرارة المتوسطة فيها الفصل الصيف واحدة

(الطقس)

طقس بلدة هو مجموع الظواهر الجوية التى تحصل فيها أثناء سنة كاملة

والطقس يختلف باختلاف الجهات فيقال له ثابت اذا كان مقدار درجة الحرارة المتوســطة أثناء الصيف لا يزيد عن مقدارها أثناء الشــتاء الا بست درجات أو ســبع ويقال له معتدل اذا زاد مقدار درجة الحرارة المتوســطة فى الصيف عن مقدارها فى الشتاء بخمس عشرة درجة تقريبا ويقال له شديد اذا زاد الفرق المذكور كثيرا عن ذلك

(فى تأثير العـــــروض)

حيث ان طولى الليل والنهار يختلفان فى زمن واحد باختلاف العروض ينتج أن أجزاء الارض ذات العروض المختلفــة لا تأتى اليهــا حرارة الشمس مدة واحدة فى كل أربع وعشرين ساعة وزيادة على ذلك فان الارتفاع النهائى للشمس عن الافق يختلف باختلاف العروض فينتج من ذلك حينئذ أن كميــة الحرارة التى تسقط على أســطح متساوية من سطح الارض فى زمن معين تختلف باختلاف عروضها وبذا قسم سطح الكرة الأرضية الى خمس مناطق وهى

أولا المنطقة الحارة وهى محدودة بدارى السرطان والجدى أى بالدائرتين المتباعدتين عن خط الاستواء بمقدار ٢٨َ ٢٣° والطقس فى هذه المنطقة ثابت وحرارتها المتوسطة مرتفعة جدا

ثانيا المنطقتان المعتدلتان وهما موجودتان خارج المدارين ومحصورتان بينهما وبين الدائرتين القطبيتين الموجودتين على بعد ٢٨َ ٢٣° من كل من القطبين والطقس فى هاتين المنطقتين معتدل بجوار المدارين وتأخذ حرارته المتوسطة فى الانخفاض وطقسه فى الشدة بالتباعد عنهما

ثالثا المنطقتان الباردتان وهما محصورتان بين قطبى الارض والدائرتين القطبيتين ودرجة الحرارة التى تكون منخفضة جدا فى هاتين المنطقتين أثناء الليل الذى يبلغ طوله عدة أشهر لا ترتفع الارتفاعا ضعيفا جدا أثناء النهار بسبب عظم ميل الاشعة الشمسية

(فى تأثير مجاورة البحار)

قد ذكرنا فيما سبق بعض الاسباب التى بها ترتفع درجة حرارة الاراضى القارة أسرع من درجة حرارة مياه البحار عندما تكون كمية الحرارة الآتية الى كل منهما من الشمس واحدة وبهذه الاسباب أيضا تنخفض درجة حرارة الاراضى القارة بسرعة عن درجة حرارة البحار وزيادة على ذلك فان تولد الابخرة التى تكون سحبا بالقرب من الشواطئ يلطف تأثير الشمس أثناء النهار ويضعف ضياع الحرارة بالتشعع أثناء الليل ومن ذلك تنتج اختلافات عظيمة بين درجة حرارة الاراضى القارة وبين درجة حرارة البحار وشواطئها عندما تكون عروضها واحدة ولذا يتأتى أن نقطتين يكونان ذاتى عرض واحد والطقس فى احداهما معتدل وفى الثانية شديد عندما تكون الاولى قريبة من البحر والثانية بعيدة عنه

(فى تأثير الارتفاع عن سطح البحر)

قد ظهر من الارصاد اليومية أنه فى كل نقطة من سطح الارض تنخفض درجة الحرارة كلما ارتفع الانسان فى الجو وقد شوهد أن درجة الحرارة تنقص بمقدار درجة كلما زيد الارتفاع مقدار ١٨٠ مترا ومن ذلك ينتج أن درجة حرارة المحل لا تتعلق فقط بعرضه بل تتعلق أيضا بوضعه بالنسبة للبحر وارتفاعه عن سطح المحيط ولذا يشاهد أن الخطوط ذات الحرارة الواحدة التى سبق شرحها متعرجة كثيرا

الفصـــــل الرابـع
(فى الرياح)

(فى أســــباب الرياح)

ان تولد الرياح مرتبط ارتباطا كليا بتغير درجة الحرارة . وأسباب الرياح عديدة أهمها هى

أولا - عنـدما تكون بقعة من سطح الارض مسخنة تسخينا قويا بالاشعة الشمسية فان طبقات الهواء المجاورة لها تتمـدد أى تنقص كثافتها فترتفع وتعاض بهواء بارد يأتى من الجهات المجاورة للبقعة المذكورة وبذلك يهب ريح على سطح الارض من الجهات الباردة الى البقعة الحارة أما الهواء الساخن الذى يرتفع فى الجو فانه يتجه فى الاجزاء المرتفعة من الجو الى الجهات الباردة ليحل محل الهواء الذى أتى منها وبذلك يتولد تيار هوائى فى الجزء العلوى من الجو مضاد لاتجاه التيار السفلى

ثانيا - يمكن حصول تيار هوائى عنـد تكاثف كميـة عظيمة من البخار المكون لسحابة دفعة واحدة لانه عند حصول هذا التكاثف يحصل فراغ جزئى فى البقعة التى حصـل فيها وبذلك تأتى كمية من هواء الجهات المجاورة لتحل محل البخار الذى تكاثف

(فى الرياح الدورية)

من الرياح الدورية النسيمات التى تتولد كل يوم على شواطئ البحار وتنسكب فى اتجاهين متضادين فى كل أربع وعشرين ساعة فنسيم البحر يظهر فى الصباح ويتجه من البحر نحو الارض ويستمر الى بعد الظهر وهو ناتج من كون الارض تسخن بتأثير الاشعة الشمسية بسرعة عن مياه البحر فيرتفع الهواء المجاور للارض بسبب سخونته ويعاض بهواء بارد يأتى من البحر أما نسيم البر فهو نسـيم يظهر فى المسـاء ويتجـه من الارض نحو البحر وهو ناتج من كون مياه البحر تبرد فى المساء ببطء عن الارض فيرتفع حينئذ هواء البحر ويعاض بهواء بارد يأتى محله من البر

ومن الرياح الدورية الموسون وهى تشاهد على الاخص فى المحيط الاتلانطيقى وتنسكب فى اتجاهين متضادين فى كل سنة فوسون الربيع تبتدئ فى شهر افريل أى فى المدة التى تبتدئ فيها حرارة الاراضى أن تكون أشد من حرارة البحار ولذا انها تنسكب من البحر الى البر وتستمر الى أوائل شهر اكتوبر أما موسون الخريف فتتجه من البر الى البحر مادامت درجة حرارة هذا الاخير أكثر ارتفاعا من درجة حرارة الارض

ويوجد نوع آخر من الرياح الدورية يسمى السموم وهو هواء محرق يهب فى آسيا وأفريقا ويعرف بحرارته المرتفعة وبرفعه الرمال وتحمله بها ويسمى هذا الريح فى بلادنا أى فى مصر بالخماسين وهو يهب من أواخر شهر افريل الى شهر يونيه

(فى الرياح المستمرة)

يوجد ريحان مستمران يسميان سريعتين (البرى) وهما يهبان طول السنة بجوار خط الاستواء ويمتد تأثيرهما بعيدا عنه

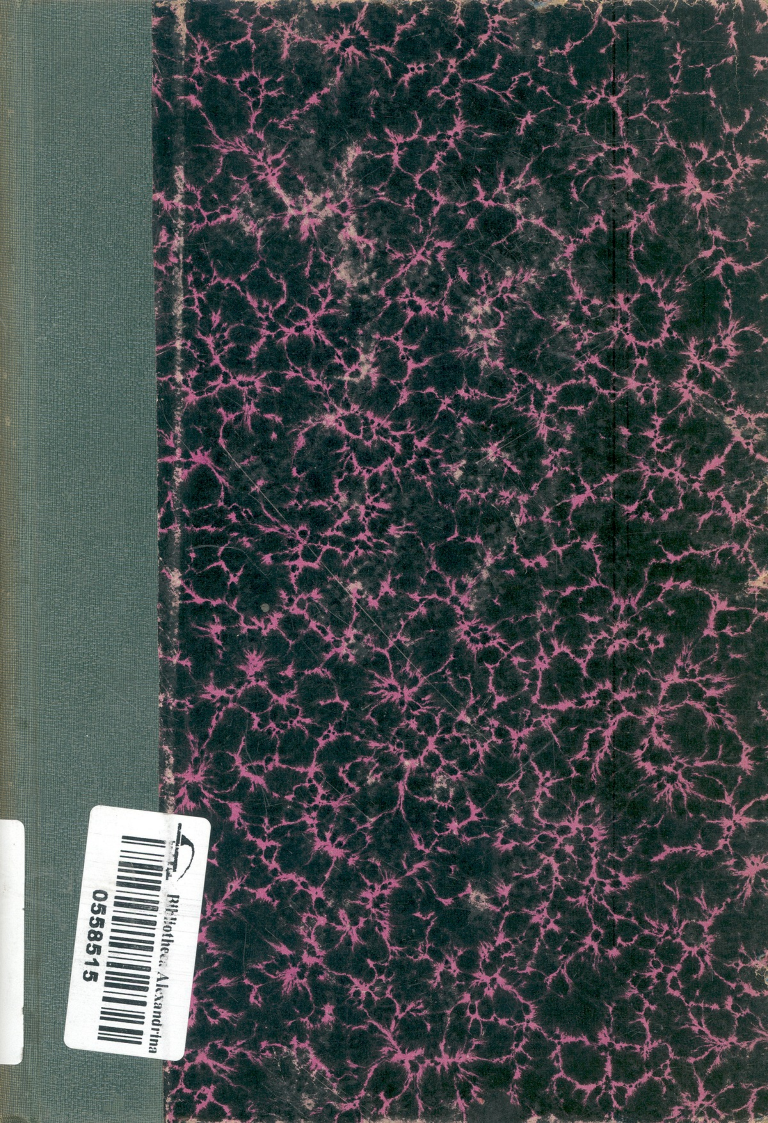
والسبب المولد لهذين الريحين هو سخونة الاراضى وتبخر مياه البحار بسرعة بجوار خط الاستواء فترتفع حينئذ طبقات الهواء السفلى وتعاض بهواء بارد يأتى من الجهات المعتدلة فاذا كانت الارض ثابتة يتولد حينئذ على سطحها تياران يتجهان من القطبين الى خط الاستواء الا أنه بسبب دوران الارض حول محورها من الشرق الى الغرب وكون سرعة دوران نقطها المختلفة تزداد من القطبين الى خط الاستواء ينتج أن كتلة الهواء التى مكثت فى المنطقتين المعتدلتين عند ما تصل بجوار خط الاستواء تكون متمتعة بسرعة أقل من سرعة المدارين والنقط التى بينهما وبين خط الاستواء فتبقى حينئذ متأخرة عن هذه النقط ويظهر أنها تتحرك فى اتجاه مضاد لحركة دوران الارض أى من الشرق الى الغرب فينتج من ذلك حينئذ أن ريح نصف الكرة الشمالى يستحيل الى ريح شمالى شرقى وان ريح نصف الكرة الجنوبى يستحيل الى ريح جنوبى شرقى وهذان الريحان يتحدان بوصولهما عند خط الاستواء ويكونان ريحا شرقيا

ويظهر أيضا مما سبق أنه يتولد فى الاجزاء العليا من الجو ريحان يتجهان من خط الاستواء الى القطبين وحيث ان هذين الريحين يصلان الى المنطقتين المعتدلتين بسرعة دوران أعظم من سرعة دوران النقط التى تصل اليها ينتج أن الريح الذى يتولد فى الجهات العليا من الجو فى نصف الكرة الشمالى يكون جنوبيا غربيا والذى يتولد فى نصف الكرة الجنوبى يكون شماليا غربيا ويشاهد اتجاه هذين الريحين بالاتجاهين اللذين يحركان فيهما السحب

(فى الرياح الغير منتظمة)

الرياح الدورية والمستمرة التى سبق الكلام عليها تسمى رياحا منتظمة لانها تحصل بانتظام فى مواعيد معينة ويوجد رياح أخرى تسمى بالرياح الغير منتظمة تحصل فى أوقات مختلفة وتهب من جميع نقط الافق من غير تعيين

(تم الجزء الثانى ويليه الجزء الثالث وهو مشتمل على الكهربائية والمغناطيسية)


Bibliotheca Alexandrina
05558515